



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**EVALUASI KEKUATAN PERKERASAN SISI UDARA  
(RUNWAY,TAXIWAY,APRON) BANDARA JUANDA  
DENGAN METODE PERBANDINGAN ACN-PCN**

**R.HARYO TRIHARSO SENO  
NRP. 3112 105 004**

**Dosen Pembimbing :  
Ir. Ervina Ahyudanari, ME. Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT – RC14-1501**

**EVALUATION ON AIRSIDE PAVEMENT STRENGTH  
( RUNWAY,TAXIWAY,APRON ) OF JUANDA AIRPORTS  
USING ACN-PCN COMPARISON METHODS**

**R. HARYO TRIHARSO SENO  
NRP. 3112 105 004**

**Supervisor :  
Ir. Ervina Ahyudanari, ME. Ph.D**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2015**

## LEMBAR PENGESAHAN

# **EVALUASI KEKUATAN PERKERASAN SISI UDARA ( RUNWAY,TAXIWAY,APRON ) BANDARA JUANDA DENGAN METODE PERBANDINGAN ACN-PCN**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**R. Haryo Triharso Seno**  
NRP. 3112 105 004

Disetujui oleh :  
Pembimbing Tugas Akhir

  
**Ir. Eryina Ahyudanari, ME, PhD**

MP 196902241995122001



**SURABAYA**  
**JANUARI, 2015**

# **EVALUASI KEKUATAN PERKERASAN SISI UDARA (RUNWAY,TAXIWAY,APRON) BANDARA JUANDA DENGAN METODE PERBANDINGAN ACN-PCN**

Nama Mahasiswa :R.Haryo Triharso Seno  
NRP : 3112105004  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing :Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PhD.

## **Abstrak**

Fasilitas sisi udara merupakan fasilitas pergerakan pesawat. Fasilitas ini harus memenuhi kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat-pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis apakah perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Juanda saat ini sudah memenuhi batas PCN yang dipersyaratkan atau belum.

Analisis dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* eksisting menggunakan metode perbandingan PCN-ACN yang didapat dari pabrik pembuat pesawat, perhitungan dengan *software* COMFAA dan perhitungan dari Canadian Department of Transportation. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat termasuk jumlah pergerakan tahunan dan tipe pesawat. Data kekuatan perkerasan sisi udara diperlukan untuk proses analisis.

Hasil dari evaluasi menunjukkan B773 memiliki nilai ACN yang melebihi nilai PCN sebesar 50% untuk *apron* dan 25% untuk *runway/taxiway*. Besar kelebihan nilai ACN ini tidak mempengaruhi kekuatan struktural karena frekuensi pergerakan yang hanya 45 pergerakan per tahun. Dampak lain adalah pada fungsional perkerasan yang menunjukkan berkurangnya kekesatan *runway* dari hasil sand patch test.

*Kata kunci : ACN, bandara Juanda, COMFAA, kekuatan perkerasan, kekesatan runway, PCN*

# **EVALUASI KEKUATAN PERKERASAN SISI UDARA (RUNWAY,TAXIWAY,APRON) BANDARA JUANDA DENGAN METODE PERBANDINGAN ACN-PCN**

Nama Mahasiswa :R.Haryo Triharso Seno  
NRP : 3112105004  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing :Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PhD.

## **Abstrak**

Fasilitas sisi udara merupakan fasilitas pergerakan pesawat. Fasilitas ini harus memenuhi kekuatan struktur untuk melayani pergerakan pesawat-pesawat yang beroperasi sesuai dengan perencanaan. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis apakah perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Juanda saat ini sudah memenuhi batas PCN yang dipersyaratkan atau belum.

Analisis dilakukan dengan cara mengevaluasi kekuatan perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron* eksisting menggunakan metode perbandingan PCN-ACN yang didapat dari pabrik pembuat pesawat, perhitungan dengan *software* COMFAA dan perhitungan dari Canadian Department of Transportation. Data yang digunakan adalah data pergerakan pesawat termasuk jumlah pergerakan tahunan dan tipe pesawat. Data kekuatan perkerasan sisi udara diperlukan untuk proses analisis.

Hasil dari evaluasi menunjukkan B773 memiliki nilai ACN yang melebihi nilai PCN sebesar 50% untuk *apron* dan 25% untuk *runway/taxiway*. Besar kelebihan nilai ACN ini tidak mempengaruhi kekuatan struktural karena frekuensi pergerakan yang hanya 45 pergerakan per tahun. Dampak lain adalah pada fungsional perkerasan yang menunjukkan berkurangnya kekesatan *runway* dari hasil sand patch test.

*Kata kunci : ACN, bandara Juanda, COMFAA, kekuatan perkerasan, kekesatan runway, PCN*



# **EVALUATION ON AIRSIDE PAVEMENT STRENGTH (RUNWAY,TAXIWAY,APRON) OF JUANDA AIRPORT USING ACN-PCN COMPARISON METHODS**

Student :R.Haryo Triharso Seno  
Student ID : 3112105004  
Major : Civil Engineering FTSP-ITS  
Supervisor :Ir. ErvinaAhyudanari, ME, PhD.

## **Abstract**

Airside facilities are facilities provided for aircraft movement. This facilities must comply with the structure strength to serve the movement of operating aircraft in accordance with the airport planning. The purpose of this final project is to analyze whether the pavement of present airside facilities at Juanda Airport in Surabaya has fulfill the airport planning and standard qualification for airside facilities or not.

The pavement strength of existing runway, taxiways and apron were evaluated by comparison of PCN - ACN obtained from the aircraft manufacturer method, COMFAA method and Canadian Department of Transportation method. The required data are aircraft types and movements annually. The pavement strength data are also included for analysis.

The results showed that B773 has ACN value 50% greater than PCN of apron and 25% higher than PCN taxiway and runway. These high values of ACN have no effect of pavement strength due to the low frequency of movements, which are only 45 movements per year. Another effect on pavement has found related to runway skid resistance through sand patch test.

*Keywords : ACN, COMFAA, Juanda Airport, PCN, pavement strength, skid resistance of runway,.*

## KATA PENGANTAR

Dengan segala limpahan Rahmat dan Ridlo Allah SWT akhirnya Tugas Akhir dapat diselesaikan sebagai salah satu persyaratan mahasiswa dalam menyelesaikan kuliah di Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSP-ITS.

Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara bandara Juanda akibat variasi pergerakan pesawat dengan membandingkan nilai ACN dan PCN, serta memberikan rekomendasi untuk pengelola Bandar Udara atas hasil analisis kondisi perkerasan tersebut.

Ucapan terimakasih yang sedalam-dalamnya disampaikan kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu dan almarhum Ayah yang selalu memberikan doa terbaik bagi anaknya.
2. Bp. Trikora Harjo, selaku General Manager PT.Angkasa Pura 1 (Persero) Kantor Cabang Bandara Juanda yang telah memberikan ijin kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan.
3. Bapak dan Ibu para Department Head dan Section Head PT.Angkasa Pura 1 (Persero) Kantor Cabang Bandara Juanda.
4. Ibu Ervina Ahyudanari, PhD selaku Dosen Pembimbing.
5. Bp.Budi Rahardjo.MT, Ibu Hera Widyastuti.Phd dan Bp. Istiar.MT selaku Dosen Penguji.
6. Seluruh sahabat, baik di Eco Campus JTS-ITS dan di PT.Angkasa Pura 1 (Persero) Bandar Udara Juanda.
7. Istriku Winarti serta anak-anakku Adam, Akmal dan Adhi yang selalu memberikan semangat dan keceriaan selama penulis menjalani pendidikan.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu diharapkan saran dan kritik dari pembaca demi untuk meningkatkan kualitas Tugas Akhir ini.

Surabaya, 23 Januari 2015

Penulis



# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Perumusan masalah .....	2
1.3 Batasan masalah .....	3
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Lokasi Studi.....	3
BAB II Tinjauan Pustaka .....	5
2.1 Konsep dasar .....	5
2.2 Metode Pendekatan Evaluasi Perkerasan.....	9
BAB III METODOLOGI .....	15
3.1 Metode pengerjaan Tugas Akhir.....	15
3.2. Uraian dan rincian skematik diagram .....	16
3.3. Metode Perhitungan ACN .....	18
3.3.1. Metode dari Aircraft Manufacturer .....	18
3.3.2. Menggunakan Software COMFAA .....	21
3.3.3. Memakai tabel dari Canadian Department of Transportation (Transport Canada) .....	26
3.4. Analisis Kondisi Overload.....	26
3.5. Meningkatkan PCN .....	31
BAB IV PEMBAHASAN .....	33
4.1. Penentuan nilai ACN .....	33
4.2 Perbandingan ACN Pesawat dengan PCN eksisting .....	35
4.3 Perhitungan Contact Stress .....	45
4.4 Skid Resistance Metode Sand Patch .....	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	56
DAFTAR PUSTAKA .....	57
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR TABEL

Tabel.2.1	
Klasifikasi Kategori Daya Dukung Tanah Dasar.....	7
Tabel.2.2	
Klasifikasi Tekanan Roda Pesawat.....	7
Tabel.2.3	
Tata Cara Penulisan Kode PCN.....	8
Tabel.2.4	
Nilai ACN pesawat versi Transport Canada.....	11
Tabel.3.1	
Contoh perhitungan perkerasan lentur menggunakan software COMFAA.....	29
Tabel.4.1	
Nilai ACN Pesawat dengan perkerasan lentur.....	33
Tabel.4.2	
Nilai ACN Pesawat eksisting dengan perkerasan kaku.....	34
Tabel.4.3	
Jumlah pergerakan pesawat.....	36
Tabel.4.4	
Nilai ACN Pesawat terhadap PCN Rigid Pavement .....	39
Tabel.4.5	
Nilai ACN Pesawat terhadap PCN Flexible Pavement .....	43
Tabel.4.6	
Nilai Contact Stress pesawat yang melebihi PCN .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar.1.1	
Peta Lokasi Bandara Juanda di Kabupaten Sidoarjo.....	4
Gambar.2.1	
Contoh Grafik Perhitungan ACN dari pabrik pesawat	
Boeing 777-300ER.....	9
Gambar.2.2	
Tampilan Software COMFAA .....	10
Gambar.3.1	
Flow Chart Metodologi .....	15
Gambar.3.2	
Nilai PCN Fasilitas Sisi Udara di Bandara Juanda .....	17
Gambar.3.3	
Aircraft Classification Number ( Flexible Pavement )	
<i>Model 747-400ER , 747-400ER Freighter</i> .....	19
Gambar.3.4	
Flow Chart menghitung ACN Pesawat	
Metoda Aircraft Manufacturer .....	20
Gambar.3.5	
Menu COMFAA bila jenis pesawat sudah ada di library .....	22
Gambar.3.6	
Flow Chart menghitung ACN Pesawat	
Jenis pesawat terdapat di library COMFAA.....	23

Gambar.3.7	
Flow Chart menghitung ACN Pesawat	
Jenis pesawat tidak terdapat di library COMFAA .....	25
Gambar.4.1	
Lokasi Sand Patch Test .....	48
Gambar.4.2	
Alat Sand Patch Test yang digunakan .....	49
Gambar.4.3	
Lokasi Sand Patch Test ( $\pm 2.8\text{m}$ dari center line runway) .....	50
Gambar.4.4	
Diameter Sand Patch .1 .....	51
Gambar.4.5	
Diameter Sand Patch .2 .....	52
Gambar.4.6	
Diameter Sand Patch .3 .....	53
Gambar.4.7	
Diameter Sand Patch .4 .....	54

## **BAB.I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Jumlah penumpang yang menggunakan jasa penerbangan sipil selalu meningkat dari tahun ke tahun, hal ini tentu saja merupakan peluang emas bagi para maskapai untuk meningkatkan pendapatan mereka dengan biaya operasional yang sekecil – kecilnya. Kebutuhan para maskapai akan pesawat yang efisien direspon para produsen pesawat terbang sipil yang setiap dekade selalu meluncurkan pesawat terbang jarak jauh yang berkapasitas besar dengan bahan bakar hemat.

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki bandar udara sipil sebanyak 237 bandara dengan 26 bandara yang mampu didarati oleh pesawat berbadan lebar (Antaranews, 2014). Sekitar 89% landas pacu di bandar udara di Indonesia dibangun untuk melayani pesawat kecil dengan bobot sekitar 20 s.d 40 ton.

Landas Hubung dan Landas Pacu Bandar Udara Juanda dibangun pada tahun '60 an dengan pesawat penumpang pertama yang mendarat adalah Convair 990 (berat kosong 54.8 ton, MTOW 114 ton) dengan penumpang Ir.H.DJuanda pada bulan Oktober 1963. (-, 2006).

Setelah itu pada tahun 2006 melalui Departemen Perhubungan, *Japan Bank for International Cooperation* memberikan pinjaman untuk peningkatan infrastruktur vital di Indonesia yang dipergunakan pada proyek pembangunan Landas Hubung dan tempat parkir pesawat baru Bandara Udara Juanda yang terletak di sisi utara landas pacu lama.

Dari data pergerakan pesawat di bandara Juanda tahun 2013, jenis pesawat terbesar adalah Boeing 777-300. Pengoperasian pesawat dengan berat 351 ton ini merupakan jenis pesawat yang tidak termasuk dalam perencanaan perkerasan untuk fasilitas sisi udara. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi

terhadap semua pesawat yang beroperasi dengan kekuatan struktur perkerasan yang ada sekarang. Kekuatan struktur saat ini memungkinkan adanya peningkatan nilai kekuatan perkerasan karena adanya overlay yang sudah dilakukan. Studi tentang hal ini belum pernah dilakukan sejak Dirjen Perhubungan Udara memberikan surat ijin operasional pesawat Boeing 777-300 di Bandara Juanda Surabaya.

Kekuatan perkerasan suatu fasilitas sisi udara dinyatakan dalam *Pavement Classification Number* atau disingkat PCN. Nilai PCN ini harus lebih besar dari nilai ACN (*Aircraft Classification Number*). ACN adalah ‘nilai beban’ dari suatu pesawat. Masing-masing pesawat memiliki nilai ACN yang berbeda satu dengan lainnya.

Pesawat yang beroperasi di bandara Juanda bervariasi dan mempengaruhi nilai ACN dari masing-masing pesawat tersebut. Dengan data nilai PCN pada fasilitas sisi udara seperti yang disebutkan tersebut, timbul suatu pertanyaan berkaitan dengan kekuatan perkerasan sisi udara dalam menerima beban pesawat yang bervariasi. Untuk itu Tugas Akhir ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara bandara Juanda akibat variasi pergerakan pesawat dengan membandingkan nilai ACN dan PCN.

## 1.2. Perumusan Masalah

Dalam mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara, ada beberapa permasalahan yang memerlukan solusi:

1. Bagaimana karakteristik operasional pesawat di bandara Juanda?
2. Bagaimana nilai ACN dari pesawat-pesawat yang beroperasi terhadap nilai PCN dari perkerasan sisi udara ?
3. Bagaimana menentukan beban *overload* pada perkerasan fasilitas sisi udara dari hasil pada permasalahan 2?

4. Apabila secara struktural perkerasan masih dapat melayani pesawat yang beroperasi, bagaimana dengan kondisi fungsionalnya yang dilihat dari tingkat kekesatan *runway*?

### 1.3. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini :

1. Akan dilakukan evaluasi perkerasan sisi udara dengan metode PCN-ACN, tekanan *main landing gear* dan pengukuran kekesatan (*skid resistance*) perkerasan.
2. Tidak membahas detail desain peningkatan konstruksi perkerasan (*overlay*)
3. Akan dibuat rekomendasi teknis dari hasil evaluasi tersebut.

### 1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan karakteristik operasional pesawat di bandara Juanda.
2. Membandingkan nilai ACN dari pesawat-pesawat yang beroperasi terhadap nilai PCN dari perkerasan sisi udara.
3. Menentukan beban *overload* pada perkerasan fasilitas sisi udara dari hasil pada permasalahan 2.
4. Mengetahui kondisi fungsional *runway* yang ditinjau dari kekesatannya.

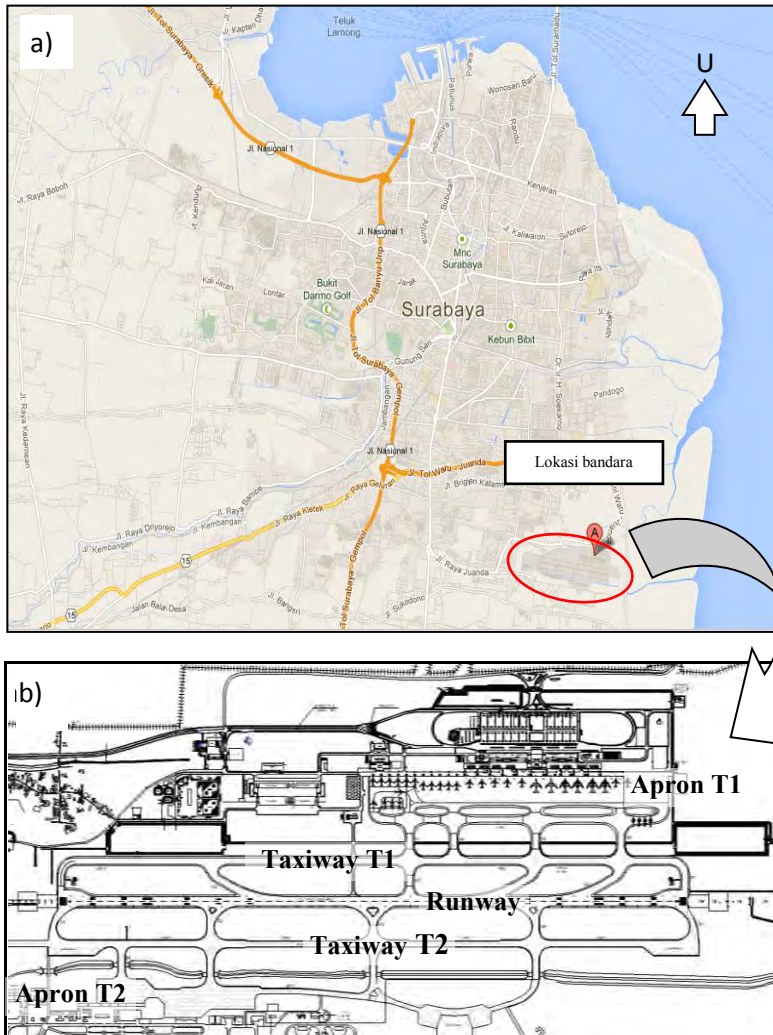
### 1.5. Lokasi Studi

Lokasi studi dari Tugas Akhir ini adalah Bandara Internasional Juanda yang terletak di Kabupaten Sidoarjo. Bandara Juanda memiliki dua *taxiway*, dua *apron* dan satu *runway*.

Detil lokasi studi tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.1a yang menunjukkan posisi Bandara Juanda terhadap Kota Surabaya. Gambar 1.1b menunjukkan *layout* sisi udara Bandara



Juanda yang menunjukkan konfigurasi *runway*, *taxiway* dan *apron* dari kedua terminal.



Gambar.1.1 - Peta Lokasi Bandara Juanda di Kabupaten Sidoarjo  
(Sumber : Google Maps,2014 & AP.1,2013)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep dasar.**

Sesuai dengan Manual of Standard Aerodrome 139 dari DGCA tahun 2014 dan buku Robert Horonjeff dkk, *Planning and Design of Airports*, tahun 2010, secara garis besar Landas pacu adalah suatu daerah persegi empat tertentu pada aerodrome yang dipersiapkan untuk kegiatan *landing* dan *take-off* pesawat terbang.

Untuk memenuhi fungsi landas pacu, landas hubung dan tempat parkir pesawat, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan beton semen atau beton aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Perkerasan lapangan terbang biasanya dirancang dalam beberapa lapisan dengan setiap lapisan direncanakan dengan ketebalan yang cukup dan memadai untuk memastikan bahwa beban yang diaplikasikan tidak akan terjadi kegagalan dari lapisan perkerasan dalam mendukung beban tersebut.

Kekuatan perkerasan fasilitas sisi udara dinyatakan dalam suatu rangkaian angka dan huruf yang dinyatakan dengan Pavement classification number (PCN). PCN adalah angka yang menjelaskan daya dukung perkerasan untuk operasi tak terbatas pesawat dengan nilai ACN kurang dari atau sama dengan PCN (Manual of Standard 139 - Aerodrome, DGCA).

PCN menggambarkan kekuatan struktur perkerasan, jenis perkerasan, batas kekuatan subgrade, batas tekanan roda pesawat dan teknik perhitungan nilai PCN. Secara garis besar, nilai PCN adalah ditulis dalam format berikut :

PCN / F / A / Y / T

Format publikasi sistem penulisan PCN yang sesuai dengan FAA Advisory Circular AC 150/5335 – 5B tahun 2011 tersebut diatas mengikuti ketentuan sebagai berikut :

a. Format Penulisan Nilai PCN

Format penulisan nilai PCN perkerasan disusun berdasarkan informasi dengan kode yang telah distandarkan yang meliputi nilai numerik PCN, jenis perkerasan, daya dukung tanah dasar (*Subgrade*) tekanan roda pendarat dan metod evaluasi yang di gunakan untuk mendapatkan nilai PCN. Penulisan tersebut secara urut dengan tanda pemisah antar kode menggunakan tanda garis miring ( / ).

b. Nilai Numerik PCN

Nilai Numerik PCN perkerasan adalah suatu perkiraan relatif dari kapasitas daya dukung perkerasan akibat beban roda tunggal standar pada suatu perkerasan.

c. Kode Jenis perkerasan

Jenis perkerasan dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dengan kode "F" dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dengan kode "R".

d. Kode Daya Dukung Tanah Dasar (*subgrade*)

Kategori daya dukung perkerasan tanah dasar (*subgrade*) dibedakan menjadi 4 (empat) kategori sesuai dengan besar nilai daya dukung untuk jenis perkerasan kaku maupun lentur. Klasifikasi kategori daya dukung disajikan pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi Kategori Daya Dukung Tanah Dasar  
(Sumber : FAA, 2011)

Kategori	Nilai CBR Flexible Pavement	Nilai 'k' Rigid Pavement ( MN/m <sup>3</sup> )	Kode
High	>13%	> 120	A
Medium	8% - 13%	60 – 120	B
Low	4% - 8%	25 – 60	C
Ultra Low	< 4%	< 25	D

e. Kode Tekanan Roda Pendarat

Tekanan Roda pendarat dibedakan menjadi 4 kategori sesuai dengan besarnya tekanan roda pesawat yang beroperasi atau yang direncanakan. Klasifikasi tekanan roda pesawat seperti disajikan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Klasifikasi Tekanan Roda Pesawat  
(Sumber : FAA, 2011)

Kategori	Tekanan Roda		Kode
High	>218psi	>1.5 MPa	W
Medium	145 – 218 Psi	1.0 – 1.5 Mpa	X
Low	73 – 145 Psi	0.5 – 1.0 MPa	Y
Ultra Low	< 73Psi	< 0.5 MPa	Z

f. Kode Metode Evaluasi

Kode nilai PCN berdasarkan metode yang digunakan untuk menghitung nilai PCN dibedakan menjadi dua metode yaitu metode secara teknik dengan diberi Kode "T" dan metode dengan menggunakan uji coba pesawat yang diberi kode "U".

Sehingga uraian format pelaporan PCN diatas apabila dirangkum akan seperti tabel berikut ini :

Tabel 2.3 Tata Cara Penulisan Kode PCN  
(Sumber : FAA, 2011)

PCN	Jenis Perkerasan	Kategori subgrade	Tekanan Roda	Metode Evaluasi
Nilai Numerik	R = Rigid F= Flexible	A= High B=Medium C=Low D=Ultra Low	W X Y Z	T=Technical U=Using Aircraft

**Aircraft Classification Number (ACN)** merupakan suatu angka yang menjelaskan dampak relatif suatu pesawat terbang terhadap landasan untuk suatu standar subgrade kategori tertentu. (Manual of Standard 139 - Aerodrome, DGCA, 2014)

Sedangkan di Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: KP.29/VI/2014 tentang Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139 ayat 6.2.11 menyebutkan :

Landas pacu harus sanggup dan tetap melayani lalu lintas dari pesawat di landas pacu yang dikehendaki.

Kemampuan landas pacu :

$PCN > ACN < 1,1$  PCN ( untuk Flexible )

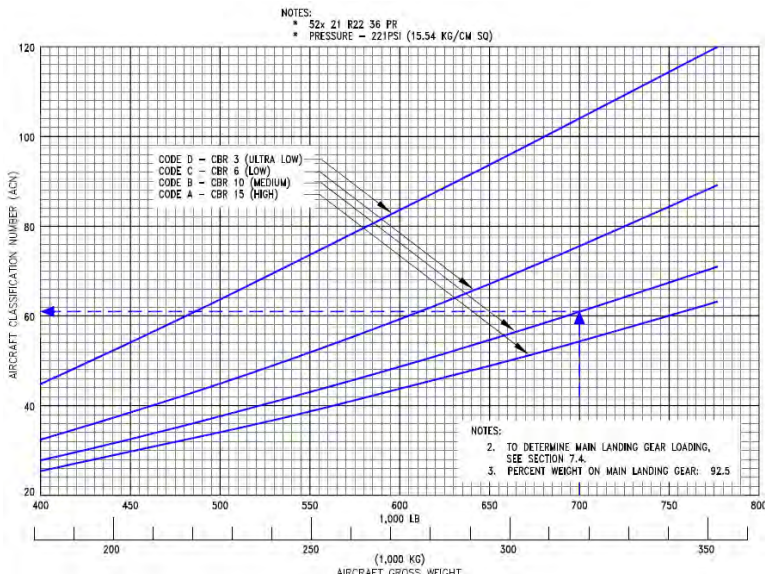
$PCN > ACN < 1,05$  PCN ( untuk Rigid )

$$PCN = ACN_{Min} + (ACN_{Max} - ACN_{Min}) \times \frac{(\text{Muatan diijinkan} - \text{Massa Minimum})}{(\text{Massa Maximum} - \text{Massa Minimum})} \dots\dots(1)$$

## 2.2. Metode pendekatan evaluasi perkerasan

Evaluasi perkerasan fasilitas sisi udara ( runway, taxiway, apron ) dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

- a. Menentukan nilai ACN dengan metode grafis dari pabrik pembuat pesawat, software komputer & metode dari Canadian Department of Transportation.



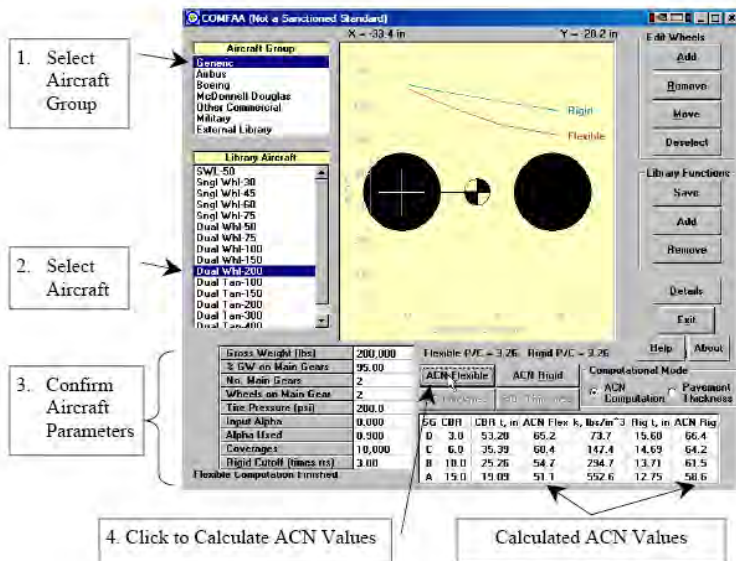
Gambar.2.1 – Contoh grafik perhitungan ACN dari pabrik pesawat Boeing 777-300ER  
(Sumber : Boeing,2004)

COMFAA dapat melakukan dua jenis mode perhitungan, yaitu mode perhitungan desain perkerasan (*pavement design mode*) dan mode perhitungan ACN (*ACN computation mode*). Pada mode perhitungan ACN, COMFAA dapat melakukan :

1. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan lentur
2. Perhitungan ACN pesawat untuk perkerasan kaku

- Perhitungan tebal perkerasan lentur berdasarkan nilai CBR subgrade eksisting.
- Perhitungan tebal perkerasan kaku berdasarkan nilai k (modulus reaksi tanah) dari tanah dasar eksisting.

Pada *ACN computational mode*, langkah pertama adalah memilih group pesawat dari menu 'Aircraft Group' (contoh : military) Kemudian memilih jenis dan tipe pesawat (contoh : C130 hercules), mengkonfirmasi parameter pesawat (*gross weight, Tire Presssure*, dll) tersebut, dan selanjutnya meng 'klik' tombol 'ACN Flexible' (untuk perkerasan lentur) atau 'ACN Rigid' (untuk perkerasan kaku). Hasil akhir dari nilai ACN pesawat tersebut ditampilkan pada seluruh kategori baik A,B,C dan D seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar.2.2 – Tampilan Software COMFAA  
(Sumber : FAA, 2011)

Untuk penentuan ACN metode Transport Canada adalah dengan memakai tabel yang diterbitkan oleh Canadian Department of Transportation berikut ini.

Tabel 2.4. Nilai ACN pesawat versi Transport Canada  
(Sumber : Transport Canada, 2004)

<b>AIRCRAFT CLASSIFICATION NUMBERS (ACN's)</b>											
<i>Aircraft</i>	<i>Weight Max/Min (kN)</i>	<i>Tire Pressure (MPa)</i>	<i>Flexible Pavement Subgrades CBR</i>				<i>Rigid Pavement Subgrades k (MPa/m)</i>				
			<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Vr Low</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Ult Low</i>	
			<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	
			15	10	6	3	150	80	40	20	
B747-100SR	2690	1.04	36	38	46	64	29	35	43	50	
	1600		19	20	22	29	16	18	21	25	
B747-200B, 200C 200F, 200M	3720	1.38	55	62	76	98	51	61	72	82	
	1750		22	23	26	34	20	22	26	30	
B747-300, 300M, 300SR	3720	1.31	55	62	76	98	50	60	71	82	
	1760		22	23	26	34	19	22	25	30	
B747-400, 400F, 400M	3905	1.38	59	66	82	105	54	65	77	88	
	1800		23	24	27	35	20	23	27	31	
B747-400D (Domestic)	2729	1.04	36	39	47	65	30	36	43	51	
	1782		22	23	26	34	18	20	24	29	
B747-SP	3127	1.26	45	50	61	81	40	48	58	67	
	1500		18	19	21	28	16	18	21	25	
B757-200 Series	1134	1.24	34	38	47	60	32	39	45	52	
	570		14	15	17	23	13	15	18	20	
B757-300	1200	1.24	36	41	51	64	35	42	49	56	
	640		16	17	20	27	15	17	21	24	
B767-200	1410	1.31	39	42	50	68	34	41	48	56	
	800		19	20	23	29	18	19	22	26	
B767-200 ER	1726	1.31	50	56	68	90	45	54	64	74	
	830		20	21	24	31	18	20	24	27	
B767-300	1566	1.38	44	49	59	79	40	48	57	65	
	860		21	22	25	33	19	22	25	29	
B767-300 ER	1784	1.38	53	59	72	94	48	57	68	78	
	890		22	23	26	35	20	23	26	31	
B777-200	2433	1.38	51	58	71	99	40	50	65	81	
	1400		25	27	31	43	23	23	28	35	
B777-200 ER	2822	1.38	63	71	90	121	53	69	89	108	
	1425		25	27	32	44	23	25	31	39	
B777-200 X	3278	1.38	78	90	114	148	61	80	104	126	
	1600		29	32	38	53	27	27	34	43	
B777-300	2945	1.48	68	76	97	129	54	69	89	109	
	1600		30	32	38	53	27	28	35	43	



- b. Menganalisis kekuatan fasilitas sisi udara (runway, taxiway, apron) tanpa merubah struktur perkerasan eksisting / PCN eksisting.
- c. Membandingkan nilai ACN eksisting dengan PCN eksisting.
- d. Melakukan analisis frekuensi pesawat terbesar yang beroperasi saat ini.
- e. Melakukan analisis tekanan roda pendaratan terbesar yang beroperasi saat ini terhadap perkerasan.

Menurut WJ vdM Steyn, 2004 pada Jurnal Ilmiah "*Effect of moving dynamic tyre loads on tyre-pavement contact stresses*" dapat dicari/dihitung nilai Contact Stress pada 1(satu) buah Roda dengan rumus :

$$\text{Contact Stress(kPa)} = K_1 + (K_2 \times \text{Tire Pressure}) + (K_3 \times \text{Tire Load})$$

Dimana :

$$K_1 = 573.562 ; K_2 = 0.714 ; K_3 = 9.504$$

- f. Melakukan uji kekesatan terhadap perkerasan  
Skid Resistance (kekesatan) tergantung pada *macrotexture* dan *microtexture* permukaan perkerasan. Makin kecil nilainya, makin licin perkerasan tersebut.  
Teknik pengukurannya dapat dilakukan dengan :
  - a. *The locked wheel tester* (ASTM E724)
  - b. *The spin up tester*
  - c. *Surface texture measurement* (ASTM E965)

Pada tugas akhir ini hanya dibahas pengukuran *skid resistance* dengan Surface texture measurement. Pengukuran *skid resistance* dilakukan dengan menggunakan *sand patch test* (ASTM E 965) yaitu menebarkan pasir yang volumenya sudah diketahui pada suatu area secara melingkar. Diameter lingkaran yang terbentuk diukur, dari volume pasir dan ukuran diameter/luas lingkaran, dapat ditentukan kedalaman tekstur permukaan perkerasan. Pasir yang digunakan harus kering dan

90% lebih lolos dari ayakan no.60 dan tertahan 100% pada ayakan no.80. Setelah dilakukan perhitungan, apabila kedalaman  $< 1.5\text{mm}$  maka permukaan licin, bila kedalaman  $> 1,5\text{mm}$  maka permukaan perkerasan cukup kesat.

Beberapa karya ilmiah yang dipublikasikan kebanyakan adalah perencanaan perpanjangan landas pacu antara lain Penelitian dari Irvan Ramadhan, STT Dumai, 2012, tentang Analisis Peningkatan Landasan Pacu (*Runway*) Bandar Udara Pinang Kampai-Dumai. Pada tugas akhir tersebut disampaikan tentang kemampuan landas pacu dengan pesawat rencana Boeing 737-400, landas pacu eksisting tidak memenuhi panjang minimum yaitu 2.938m. Jika direncanakan pesawat Boeing 737-400 akan beroperasi di bandar udara Pinang Kampai, maka tidak beroperasi dengan kondisi MTOW.

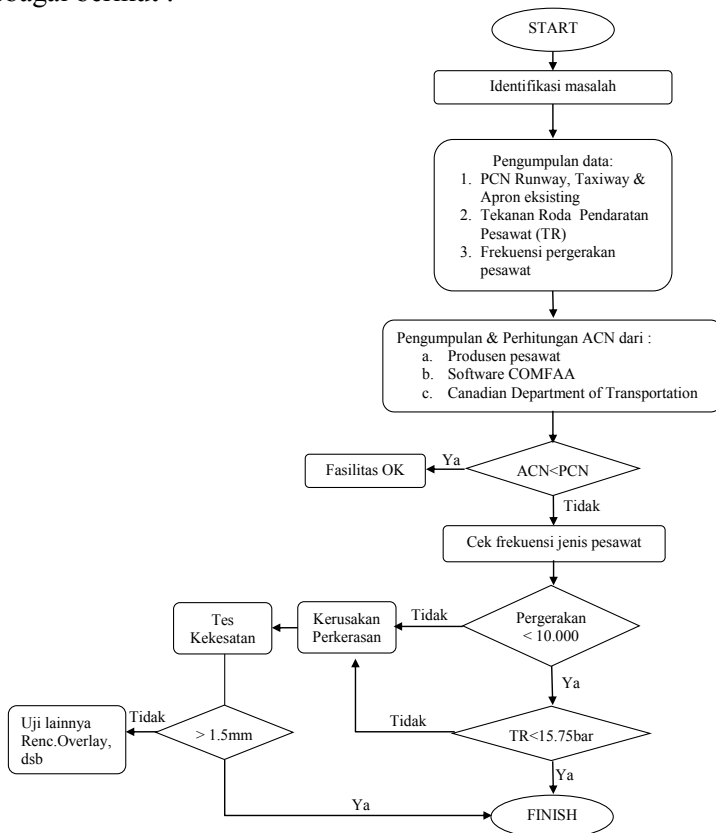
Selain itu banyak terdapat juga Tugas Akhir tentang Bandara Juanda yang membahas kapasitas dan perencanaan runway baru (Arief Susetyo, 2012), kebutuhan jumlah taxiway, konfigurasi & pengembangan apron (Hera Widyastuti, ITS) dan kinerja terminal penumpang (Karina Shaska, 2012). Akan tetapi belum ada yang melakukan penelitian terhadap perbandingan perkerasan runway, taxiway, apron metode PCN – ACN dan analisis tekanan roda pendaratan pesawat yang ada di Bandara Juanda.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Metode pengerjaan tugas akhir

Agar tugas akhir yang akan dikerjakan memiliki manfaat yang maksimal dan dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah disediakan maka penulis menyusun langkah-langkah kerja sebagai berikut :

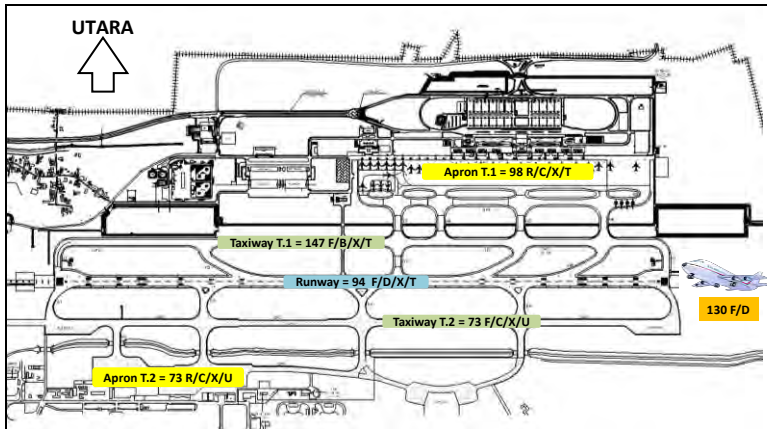


Gambar.3.1 Flowchart Metodologi

### 3.2. Uraian dan rincian skematik diagram

Penyusunan tugas akhir dimulai dengan :

1. Mengidentifikasi potensi masalah yaitu setelah sekian lama pesawat terbesar beroperasi di bandara Juanda, belum pernah ada kajian terhadap PCN fasilitas sisi udara atas ACN pesawat tersebut dan tekanan roda pesawat terhadap perkerasan fasilitas sisi udara.
2. Mengumpulkan data yang dimiliki oleh pengelola bandara (jenis pesawat, frekuensi, PCN, tekanan roda pendaratan, MTOW pesawat). Pengumpulan data jenis pesawat, MTOW pesawat & frekuensinya dapat diperoleh dari pengelola bandar udara yaitu Airport Operation Department. Untuk data PCN dapat diperoleh dari Airport Readiness Department. Sedangkan data tekanan roda diperoleh dari "*line maintenance*" masing masing maskapai yang beroperasi.
3. Data pergerakan pesawat Boeing 777-300 di Bandara Juanda pada tahun 2013 adalah 45 pergerakan dari total 139.263 pergerakan per tahun. Sesuai dengan data fasilitas bandara Juanda bulan Mei 2014 nilai PCN fasilitas sisi udara bandara Juanda adalah sebagai berikut :
  1. Landas pacu memiliki PCN 94 F/D/X/T
  2. Landas hubung T.1 memiliki PCN 147 F/B/X/T
  3. Landas hubung T.2 memiliki PCN 73 F/C/X/U
  4. Tempat parkir pesawat T.1 memiliki PCN 98 R/C/X/T
  5. Tempat parkir pesawat T.2 memiliki PCN 73 R/C/X/U



Gambar 3.2 – Nilai PCN Fasilitas Sisi Udara di Bandara Juanda  
(Sumber : Data Fasilitas AP.1, 2014)

5. Melakukan *cross check* dan validasi atas seluruh data yang terkumpul. Untuk data jenis pesawat akan di-*cross check* dengan situs internet yang menampilkan lalu-lintas udara secara *realtime* ( *live air traffic*). Data tekanan roda akan di *cross check* dengan *form checklist* harian dari masing-masing maskapai. Data MTOW akan di-*cross check* dengan spesifikasi teknis dari pabrik pembuat pesawat yang bersangkutan. Data PCN akan di-*cross check* dengan buku AIP (Aeronautical Information Publication) edisi terbaru yang diterbitkan oleh Dirjen Perhubungan Udara.
6. Mencari buku & referensi yang terkait dengan metoda penentuan ACN pesawat & efek tekanan roda pendaratan terhadap perkerasan yang dilaluinya.
7. Membandingkan teori dengan data yang sudah terkumpul yaitu apakah jumlah pergerakan pesawat di bandara Juanda masih dalam batas maksimal atau sudah melebihi batas.

8. Selain itu data tekanan roda maksimum dalam kode nilai PCN yang dimiliki perkerasan juga akan dibandingkan dengan tekanan roda pesawat yang beroperasi.
9. Menganalisis kondisi fasilitas sisi udara eksisting, terutama dari sisi kekuatan dan akibat yang terjadi kepadanya.
10. Seluruh perbandingan diatas dilakukan terhadap perkerasan lentur, perkerasan kaku dan pada seluruh fasilitas sisi udara yaitu landas pacu, landas hubung dan tempat parkir pesawat.
11. Memberi masukan kepada pengelola bandara tentang kondisi perkerasan fasilitas sisi udara dengan pesawat yang beroperasi saat ini.

### **3.3. Metode perhitungan ACN**

Sebelumnya telah diperoleh data jenis pesawat dan frekuensi pergerakan pesawat di Bandara Juanda selama tahun 2013 dari Pengelola Bandara Juanda yang selanjutnya akan dihitung nilai ACN masing masing jenis pesawat tersebut baik untuk perkerasan lentur atau perkerasan kaku.

Pada uraian dibawah ini akan dibahas perhitungan nilai ACN pesawat dengan 3 metode yaitu :

- Metode dari Aircraft Manufacturer
- Menggunakan software COMFAA
- Memakai tabel dari Canadian Department of Transportation (Transport Canada)

#### **3.3.1. Metode dari Aircraft Manufacturer**

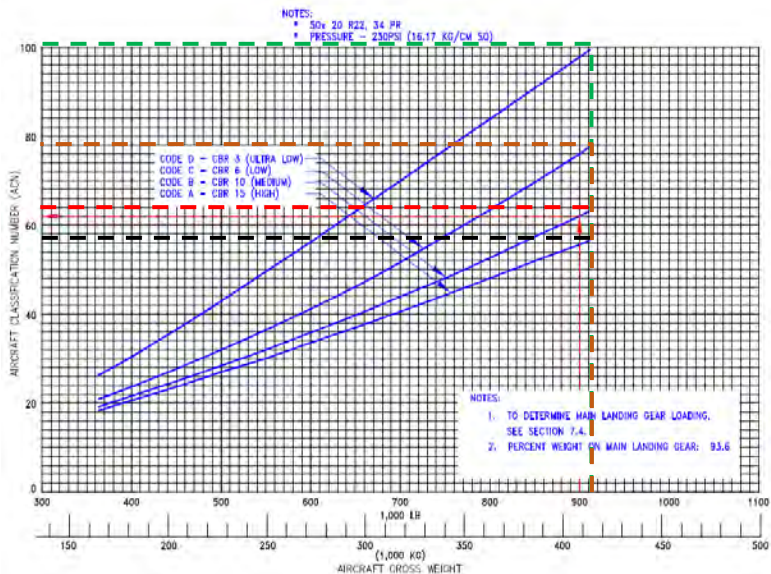
Dengan menggunakan grafik dari pembuat pesawat, kita dapat menentukan nilai ACN sebuah pesawat.

Data yang diperlukan adalah berat kotor pesawat dan jenis subgrade yang terdapat pada runway/taxiway/apron yang akan dilalui oleh pesawat tersebut. Sebagai contoh dipilih Boeing 747 - 400ER, *flexible pavement* dengan data sebagai berikut :

*Aircraft gross weight* = 913 Lbs

Beban pesawat pada *landing gear* = 93.6%

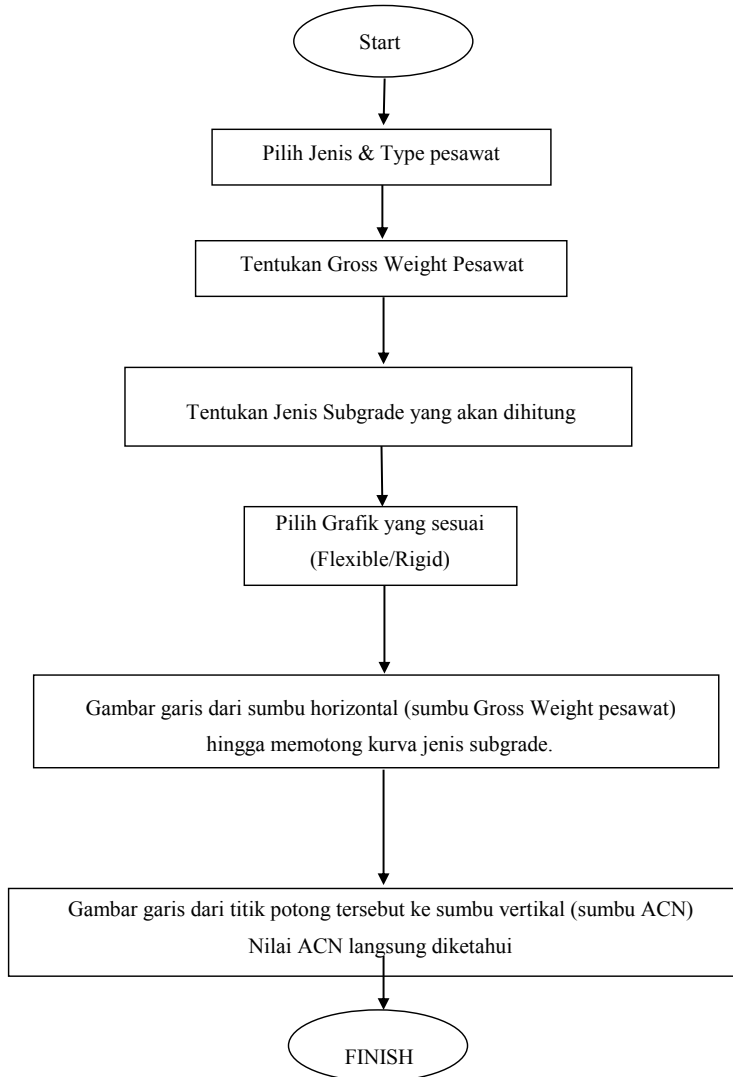
- Untuk jenis *subgrade high* (A)  
Maka dengan menarik garis pada grafik ACN vs *Aircraft Gross Weight* diperoleh nilai ACN = 57
- Untuk jenis *subgrade medium* (B)  
Maka dengan menarik garis pada grafik ACN vs *Aircraft Gross Weight* diperoleh nilai ACN = 64
- Untuk jenis *subgrade low* (C)  
Maka dengan menarik garis pada grafik ACN vs *Aircraft Gross Weight* diperoleh nilai ACN = 79
- Untuk jenis *subgrade ultra low* (D)  
Maka dengan menarik garis pada grafik ACN vs *Aircraft Gross Weight* diperoleh nilai ACN = 101



Gambar 3.3. Aircraft Classification Number  
( flexible pavement ) Model 747-400er , 747-400er freighter  
(Sumber : Boeing,2004)



**FLOW CHART MENGHITUNG ACN PESAWAT**  
**METODA “AIRCRAFT MANUFACTURER”**



Gambar 3.4. Flowchart Menghitung ACN Pesawat Metoda Aircraft Manufacturer

### **3.3.2. Menggunakan software COMFAA**

COMFAA adalah program computer yang dikembangkan oleh FAA untuk menghitung perkerasan runway, taxiway, apron baik itu flexible pavement dan rigid pavement bagi jenis pesawat Antonov, Ilyusin, Lockheed-Martin, Canadair, Airbus, Boeing, dsb.

COMFAA telah menyediakan beberapa jenis pesawat berikut data teknisnya yang sudah ada di library program tersebut, untuk pesawat yang tidak tercantum dalam library COMFAA maka kita harus mencari informasi data teknis pesawat tersebut yang kita inputkan di COMFAA dimana untuk selanjutnya program akan menghitung sendiri nilai ACN pesawat tersebut.

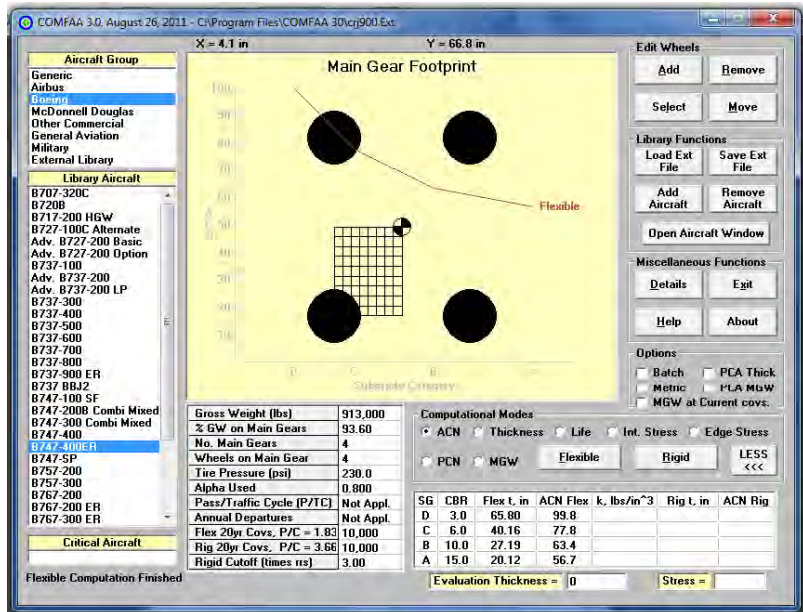
Adapun tahap perhitungan ACN dengan COMFAA adalah sebagai berikut :

#### **A. Jenis pesawat sudah ada di library COMFAA.**

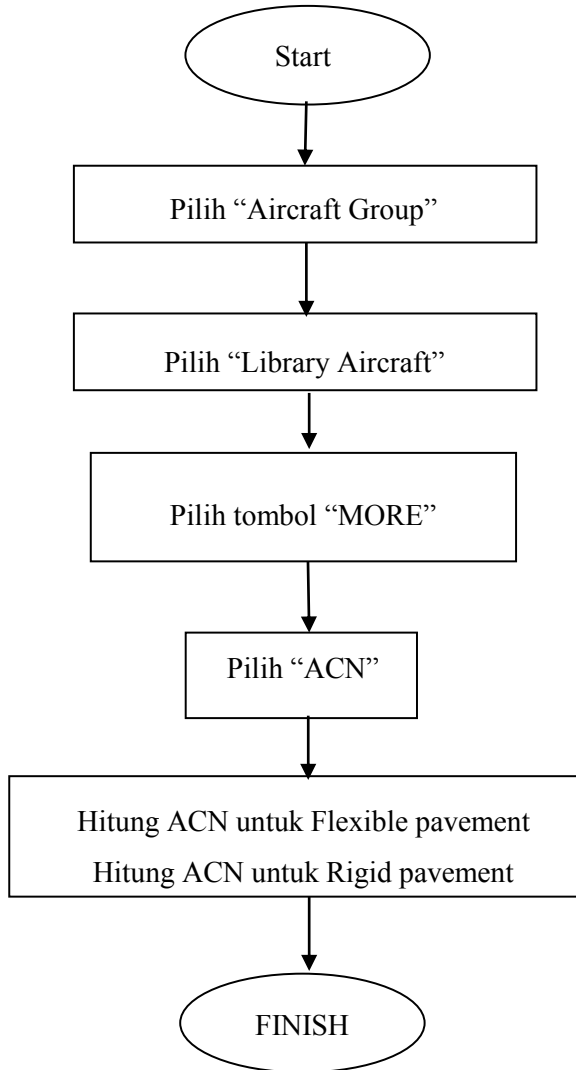
1. Menentukan group pesawat (military, general aviation, boeing, dsb) yang terletak di bagian kiri tampilan program, kemudian dilanjutkan dengan menentukan jenis pesawat (C-130, B777-300, A330-200, dsb)
2. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran berwarna hitam, gambar ini adalah default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang kita pilih.
3. Selanjutnya pada tampilan “computational modes” dipilih “MORE” di sisi kanan bawah yang menyebabkan pergantian tampilan “computational modes” menjadi beberapa pilihan yaitu ACN, PCN, MGW, Thickness, Flexible, Rigid, dsb
4. Di kelompok “computational modes”, pilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “FLEXIBLE” bila perkerasan kita dari beton aspal atau pilih “RIGID” bila perkerasan

kita dari semen beton.

Nilai ACN untuk perkerasan rigid & flexible ditampilkan dalam satu tabel. Untuk perkerasan flexible, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Flex” sedangkan untuk perkerasan rigid, nilai ACN yang dibaca adalah semua angka dibawah kolom “ACN Rig”



Gambar.3.5 – Menu COMFAA bila jenis pesawat sudah ada di library  
(Sumber : FAA, 2011)

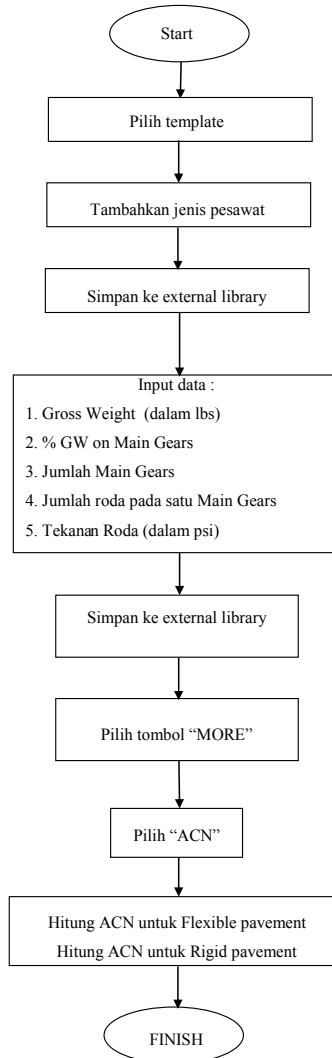


Gambar 3.6. Flowchart Menghitung ACN Pesawat Terdapat di library COMFAA.

### **B. Jenis pesawat tidak ada di library COMFAA.**

1. Memilih group pesawat “General Aviation” yang terletak di bagian kiri tampilan program, kemudian dilanjutkan dengan memilih template jenis pesawat di bagian “Aircraft Library”. Sebagai contoh akan kita hitung ACN dari pesawat Bombardier seri CRJ-900 (Regional Jet-900) karena di COMFAA hanya ada Regional Jet-700 (CRJ-700)
2. Terlebih dahulu dipilih tipe/seri pesawat “Single wheel 40” karena roda pendaratan CRJ-900 adalah tipe single wheel, angka 40 adalah berat pesawat dalam ribuan lbs, nanti akan kita sesuaikan dengan berat CRJ-900. Kita tambahkan dulu jenis pesawat di “Aircraft Libray” dengan memilih tombol “Add Aircraft”. Pada menu yg muncul kita isikan CRJ-900. Kemudian template ini disimpan dengan memilih tombol “Save Ext File”.
3. Pada tampilan di tengah terdapat gambar dua lingkaran berwarna hitam, gambar ini adalah default konfigurasi roda pendaratan yang dimiliki oleh jenis pesawat yang kita pilih.
4. Selanjutnya pada tampilan “computational modes” dipilih “MORE” di sisi kanan bawah yang menyebabkan pergantian tampilan “computational modes” menjadi beberapa pilihan yaitu ACN, PCN, MGW, thickness, Flexible, Rigid, dsb
5. Di kelompok “computational modes”, pilih mode “ACN” dan selanjutnya pilih tombol “FLEXIBLE” bila perkerasan kita dari beton aspal atau pilih “RIGID” bila perkerasan kita dari semen beton.
6. Data yang harus dimasukkan secara manual adalah data berat kotor pesawat (gross weight) dalam satuan lbs, data tekanan roda pendaratan (tire pressure) dalam satuan psi, prosentase berat kotor yang tertumpu pada roda pendaratan (% GW on Main Gears).
7. Setelah data diatas diisikan, Nilai ACN untuk Flexible dan Rigid pavement bisa langsung diketahui.

## FLOW CHART MENGHITUNG ACN PESAWAT TIDAK TERDAPAT DI LIBRARY COMFAA



Gambar 3.7. Flowchart Menghitung ACN Pesawat Tidak Terdapat di library COMFAA.

### 3.3.3. Memakai tabel dari Canadian Department of Transportation (Transport Canada)

Transport Canada telah menghitung ACN pesawat dan dipublikasikan seperti yang tercantum pada tabel 2.4. Sehingga setelah dilakukan perhitungan untuk seluruh jenis pesawat pada perkerasan lentur dan perkerasan kaku, hasilnya disajikan pada tabel berikut :

### 3.4 Analisis Kondisi Overload

Operator pesawat harus terlebih dahulu melaporkan pada operator Bandar udara yang berwenang, jika pesawatnya akan beroperasi di atas nilai *pavement strength* (PCN) yang dilaporkan. Kriteria berikut disarankan untuk menentukan dapat tidaknya diterima suatu pesawat terbang beroperasi *overload* pada perkerasan.

- a. Untuk perkerasan lentur, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 10% di atas PCN yang dilaporkan.
- b. Untuk perkerasan kaku, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas nilai PCN yang dilaporkan.
- c. Untuk perkerasan yang strukturnya tidak diketahui, nilai ACN maksimal yang diijinkan adalah 5% di atas PCN yang dilaporkan.
- d. Jumlah pergerakan *overload* tiap tahun maksimal 5% dari total pergerakan seluruh pesawat per tahun.

Perkerasan sisi udara suatu saat akan mencapai batas maksimum seiring dengan jenis pesawat yang berbadan lebar makin banyak beroperasi. Beban pesawat yang melebihi nilai PCN perkerasan akan memperpendek usia rencana. Menurut FAA, kekuatan struktur perkerasan yang dibebani secara berlebih tidak secara tiba-tiba dengan serempak gagal.

Pedoman Evaluasi Overload berlaku terutama untuk perkerasan aspal dan beton yang memiliki nilai PCN yang dihitung dengan *technical method*. Perkerasan yang peringatnya

ditentukan dengan *aircraft method* dapat menggunakan pedoman Evaluasi Overload yang disediakan oleh ICAO. Prosedur yang disajikan di sini menggunakan program COMFAA.

Penyesuaian untuk kondisi overload mulai dengan asumsi bahwa beberapa pesawat memiliki ACN yang melebihi PCN. Untuk perkerasan lentur, diambil sampel pesawat B747-400, B777-200ER, dan A300-B4 STD memiliki ACN yang lebih besar dari PCN runway Peringkat PCN dianjurkan. Demikian juga, untuk perkerasan kaku, ACN dari B747-400, A300B4 STD, dan B777-200 ER melebihi PCN landasan yang direkomendasikan.

Contoh pada Tabel 3.1 tidak ada satupun pesawat memiliki persyaratan yang melebihi persyaratan tebal perkerasan yang ada. Namun, meskipun masing-masing pesawat ini dimasukkan dalam derivasi dari berat kotor yang diijinkan dari pesawat kritis, PCN yang ada tidak memadai untuk pesawat yang lebih besar. Untuk mengatasi permasalahan seperti ini otoritas bandara memiliki tiga pilihan :

- a. Nilai PCN yang berasal dari metode evaluasi teknis tetap dipakai, dengan menggunakan informasi dari bandara setempat bahwa ada beberapa pesawat dalam lalu lintas gabungan yang dapat diizinkan untuk beroperasi dengan ACN lebih besar dari PCN yang ada atau berat pesawat dikurangi agar tidak melebihi nilai PCN.
- b. Meningkatkan PCN yang ada dengan melakukan pelapisan ulang pada perkerasan eksisting atau melakukan perkuatan konstruksi perkerasan eksisting untuk mengakomodasi pesawat dengan ACN yang lebih besar.
- c. Menaikkan nilai PCN sesuai dengan ACN pesawat terbesar, tetapi dengan resiko pemeliharaan perkerasan akan lebih sering dilakukan daripada sebelumnya mengingat umur perkerasan menjadi lebih singkat.



‘Halaman ini sengaja dikosongkan’

Tabel.3.1 – Contoh perhitungan perkerasan lentur menggunakan COMFAA  
(Sumber : FAA, 2011)

CBR = 7.00 (Subgrade Category is C)									
Evaluation pavement thickness = 33.90 in									
Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00									
Maximum number of wheels per gear = 6									
Maximum number of gears per aircraft = 4									
At least one aircraft has 4 or more wheels per gear. The FAA recommends a reference section assuming 5 inches of HMA and 8 inches of crushed aggregate for equivalent thickness calculations.									
By Table 1. Input Traffic Data									
<div>Top</div>									
No.	Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr Coverages	6D Thick		
1	A300-B4 STD	365,747	94.00	216.1	1,500	16,456	33.06		
2	A319-100 std	141,978	92.60	172.6	1,200	6,443	24.09		
3	Adv. B727-200 Basic	185,200	96.00	148.0	400	2,754	27.62		
4	B737-300	140,000	90.86	201.0	6,000	31,003	27.51		
5	B747-400	877,000	93.32	200.0	3,000	34,410	36.87		
6	B767-200 ER	396,000	90.82	190.0	2,000	21,813	32.63		
7	B777-200 ER	657,000	91.80	205.0	300	4,375	31.97		
8	DC8-63	330,000	96.12	194.0	800	9,269	31.03		
By Table 2. PCN Values									
<div>Middle</div>									
No.	Aircraft Name	Critical Aircraft Total Equip. Cows.	Thickness for Total Equip. Cows.	Maximum Allowable Gross Weight	PCN at Indicated Code				CDF
					A(15)	B(10)	C(6)	D(3)	
1	A300-B4 STD	156,937	36.54	330,524	40.5	44.7	54.0	69.9	0.6174
2	A319-100 std	>5,000,000	35.23	133,520	29.7	30.5	33.7	39.1	0.0004
3	Adv. B727-200 Basic	339,956	36.68	162,662	38.8	41.0	46.8	52.1	0.0477
4	B737-300	>5,000,000	35.34	130,515	30.4	31.9	35.5	39.6	0.0054
5	B747-400	47,121	37.42	772,687	45.2	49.7	59.7	79.8	4.2993
6	B767-200 ER	275,106	36.40	361,883	40.1	43.9	52.0	71.0	0.4668
7	B777-200 ER	90,959	35.95	608,938	44.4	49.8	60.4	75.4	0.1673
8	DC8-63	326,269	36.10	302,294	38.5	43.0	51.7	65.4	0.1673
By Table 3. Flexible ACN at Indicated Gross Weight and Strength									
<div>Bottom</div>									
No.	Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	A(15)	B(10)	C(6)	D(3)	
1	A300-B4 STD	365,747	94.00	216.1	46.3	51.6	62.8	79.7	
2	A319-100 std	141,978	92.60	172.6	31.9	32.8	36.4	42.1	
3	Adv. B727-200 Basic	185,200	96.00	148.0	45.8	48.3	55.0	60.1	
4	B737-300	140,000	90.86	201.0	33.0	34.8	38.8	42.8	
5	B747-400	877,000	93.32	200.0	53.2	59.3	72.6	94.2	
6	B767-200 ER	396,000	90.82	190.0	44.9	49.6	59.8	80.2	
7	B777-200 ER	657,000	91.80	205.0	49.1	55.4	68.0	94.8	
8	DC8-63	330,000	96.12	194.0	43.1	48.8	58.5	73.3	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Pada pilihan pertama mensyaratkan bahwa otoritas bandara harus terus-menerus memperhatikan komposisi seluruh traffic dalam pengoperasian berat kotor pesawat dan frekuensi pembebanan. Jika lalu lintas penerbangan memiliki perubahan yang mempengaruhi faktor yang terlibat dalam mengembangkan PCN berbasis teknis, maka PCN perlu disesuaikan untuk memenuhi perubahan yang ada. Otoritas bandara secara internal juga harus mencegah pengoperasian pesawat udara yang melebihi PCN.

Pilihan kedua meredakan masalah yang dibahas untuk opsi pertama, tetapi tidak membutuhkan biaya tambahan untuk merubah perkerasan kaku hingga memenuhi kebutuhan dari kombinasi lalu-lintas pesawat yang ada. Namun, menyediakan penguatan perkerasan eksisting akan memungkinkan untuk beroperasi pada kekuatan yang diperlukan dan untuk umur perkerasan yang diinginkan.

Pilihan ketiga memiliki manfaat yang memungkinkan semua pesawat untuk beroperasi sesuai kebutuhan. Namun, dengan meningkatkan PCN, yang berarti kekuatan perkerasan lebih tinggi, umur perkerasan akan berkurang kecuali dilakukan peningkatan ketebalan perkerasan.

### **3.5. Meningkatkan PCN**

Dalam hal memperpanjang usia perkerasan fasilitas sisi udara, usaha yang dapat dilakukan adalah meningkatkan nilai PCN dari perkerasan eksisting (tanpa merubah dimensi landas pacu), tahapan yang harus dilakukan adalah :

- a. Menentukan data pergerakan pesawat terbesar yang akan beroperasi untuk umur rencana 20 tahun.
- b. Mengkonversi data diatas menjadi sebuah data pesawat tunggal ekuivalen
- c. Mendapatkan data lapis perkerasan dari landas pacu eksisting
- d. Menentukan / menambah tebal lapisan aspal baru

- e. Menentukan beban roda pesawat.
- f. Menghitung nilai ACN dengan nomograf dari pesawat yang direncanakan
- g. Menetapkan PCN dari ACN yang diperoleh.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1. Penentuan Nilai ACN

Pada Bab 4 ini dilakukan pembahasan berkaitan dengan nilai ACN dari pesawat-pesawat yang beroperasi di Bandara Juanda. Sebagaimana dijelaskan pada Bab 3, bahwa nilai ACN suatu pesawat diperoleh dari tiga metode pendekatan. Ketiga metode tersebut adalah nilai ACN dari Transport Canada, dari *Aircraft Manufacturer* dan hasil perhitungan dengan menggunakan COMFAA. Nilai ACN pesawat dibedakan untuk perkerasan lentur (*flexible*) dan kaku (*rigid*). Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.1 (lentur) dan Tabel 4.2 (kaku).

Tabel.4.1 Nilai ACN Pesawat dengan perkerasan lentur

No	Jenis	Transport Canada				Aircraft Manufacturer				COMFAA				Keterangan
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
		15	10	6	3	15	10	6	3	15	10	6	3	
1	A124	51	60	77	107	50	58	73	100	40.2	46.2	58.8	82.6	Antonov
2	A306	54	61	74	92	53	60	74	92	48.8	55.1	67.4	84.9	Airbus
3	A310	45	50	61	77	41	46	55	72	37.1	41.1	49.5	64.8	Airbus
4	A319	34	36	40	46	39	40	44	50	34.2	35.4	38.9	44.6	Airbus
5	A320	37	39	44	50	35	36	40	46	38.5	40	44.4	50.2	Airbus
6	A322	41	42	47	53	41	42	47	53	41	42.9	47.3	53.1	Airbus
7	A330	57	62	72	98	57	62	72	97	57	61.9	71.6	96.8	Airbus
8	A332	62	67	78	106	63	68	80	108	59	63.7	74	100.1	Airbus
9	A333	62	68	79	107	64	69	81	109	57.7	62.7	72.6	98.2	Airbus
10	ATR72	11	12	14	15	11	12	14	15	9.7	10.7	12	14.2	Aerospataile
11	B732	31	32	37	41	29	31	34	39	30	31.1	35.2	39.3	Boeing
12	B733	35	37	41	45	32	33	37	41	33	34.8	38.8	42.8	Boeing
13	B734	38	40	45	49	37	39	44	48	37	39.3	44	47.9	Boeing
14	B735	33	35	39	43	32	33	37	41	31.9	33.3	37.4	41.4	Boeing
15	B737	38	40	44	49	36	38	42	47	47.2	42.1	38.1	36.3	Boeing
16	B738	44	46	51	56	43	45	50	55	42.8	45.3	50.3	55.2	Boeing
17	B739	44	46	51	56	44	47	52	57	47.9	50.8	56	60.8	Boeing
18	B744	59	66	82	105	57	64	79	101	53.2	59.3	72.6	94.2	Boeing
19	B772	62	70	87	118	61	69	87	117	61.9	69.3	86.7	117.2	Boeing
20	B773	62	70	87	118	61	69	86	117	63.8	71.3	89.3	120.3	Boeing
21	C-130	29	34	37	43					26.7	30.2	32.3	37.6	Lockheed
22	CRJ900	21	21	24	27	21	21	24	27	21.5	22.8	25.6	27.7	Bombardier
23	MD83	42	45	50	53	42.4	46.1	50.1	53.6	42.4	45.9	50	53.1	Mc Donnell Douglass

Pada Tabel 4.1 dan 4.2 terdapat 6 kolom yang menunjukkan nomor urut dalam table, jenis pesawat yang beroperasi, tiga kolom untuk nilai ACN yang diperoleh ketiga metode dan terakhir adalah nama perusahaan pembuat pesawat tersebut. Pada baris dibawah keterangan nama metode yang digunakan ada huruf A, B, C, D yang menunjukkan kekuatan daya dukung tanah dasar. Untuk perkerasan lentur, huruf a-d tersebut menggambarkan nilai CBR yang ditunjukkan pada baris di bawahnya. Sedang untuk perkerasan kaku, nilai A-D adalah nilai “k” dari tanah dasar yang ditunjukkan pada baris di bawah masing-masing huruf A-D tersebut.

Tabel.4.2 Nilai ACN Pesawat dengan perkerasan kaku

No.	Jenis	Transport Canada				Aircraft Manufacturer				COMFAA				Keterangan
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
		150	80	40	20	150	80	40	20	150	80	40	20	
1	A124	35	48	73	100	36	49	74	101	34.8	47.3	71.1	98.1	Antonov
2	A306	51	61	71	80	50	60	70	79	50	59.8	70.3	79.5	Airbus
3	A310	47	56	66	75	33	39	46	54	37.5	44.8	53.1	60.7	Airbus
4	A319	44	46	48	50	39	42	44	46	38.5	40.7	42.9	44.7	Airbus
5	A320	42	45	48	50	45	47	50	52	43.5	46	48.4	50.4	Airbus
6	A322	46	49	51	53	46	49	51	53	46.7	49.3	51.7	53.7	Airbus
7	A330	48	56	66	78	48	56	66	77	52.8	61.2	72.6	84.7	Airbus
8	A332	53	61	73	85	54	62	74	86	53.7	62.2	73.8	86.2	Airbus
9	A333	54	62	74	86	55	63	75	88	54.9	63.5	75.3	87.7	Airbus
10	ATR72	13	14	14	15	13	13	14	15	11.1	12	12.8	13.5	Aerospatiale
11	B732	35	37	39	41	34	36	38	39	34	35.9	37.8	39.3	Boeing
12	B733	40	42	44	46	37	39	41	42	38.2	40.1	42	43.5	Boeing
13	B734	43	45	47	49	42	44	46	48	42.3	44.5	46.6	48.3	Boeing
14	B735	38	40	42	43	35	37	39	41	36.5	38.5	40.3	41.8	Boeing
15	B737	43	46	48	50	41	43	45	47	41.6	43.9	46	47.7	Boeing
16	B738	51	53	55	57	49	52	54	56	49.2	51.7	54.1	56.1	Boeing
17	B739	51	53	55	57	51	53	56	58	55.6	58.2	60.6	62.6	Boeing
18	B744	54	65	77	88	53	63	75	85	59.1	69.8	81.7	92.5	Boeing
19	B772	64	84	107	129	64	82	105	127	63.8	82.8	106	128	Boeing
20	B773	64	83	107	128	64	82	105	127	66.1	85.7	110	132	Boeing
21	C-130	33	36	39	42					29.7	32.2	34.9	37.5	Lockheed
22	CRJ900	23	24	26	27	23	24	26	27	24.4	25.6	26.8	27.8	Bombardier
23	MD83	43	46	48	50	49.1	51.3	53.2	54.8	49.1	51.3	53.2	54.8	Mc Donnell Douglas

#### 4.2. Perbandingan ACN pesawat dengan PCN eksisting

Sesuai dengan *FAA Advisory Circular AC 150/5335*, nilai PCN runway/taxiway/apron memiliki format baku yang terdiri dari 6 (enam) karakter yang mana dua karakter pertama adalah nilai angka dan empat karakter sisanya adalah nilai huruf.

Sebagai contoh Apron Terminal T.2 memiliki PCN = 73 R/C/X/U maksud dari masing-masing karakter tersebut adalah :

R = Rigid, perkerasan kaku

C = Subgrade low, nilai CBR tanah dasar 4% - 8%

X = Tekanan roda medium (146 – 217 Psi)

U = Using aircraft method, angka 73 ditentukan dengan menggunakan uji coba pesawat.

Selanjutnya nilai angka di ACN kita bandingkan dengan nilai angka di PCN Apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil. Setelah itu kode huruf karakter kedua yaitu nilai *subgrade* pada ACN versi Transport Canada / Aircraft Manufacturer / COMFAA (A, B, C atau D) kita bandingkan yang sesuai yaitu dengan nilai 'C' dari PCN apron tersebut, apakah lebih besar atau lebih kecil.

Diambil contoh PCN Apron = 73 R/C/X/U akan dibandingkan dengan ACN pesawat Boeing 777 – 300 ER, maka analisisnya adalah sebagai berikut :

- a. Jenis perkerasan = kaku (rigid pavement)
- b. Nilai ACN versi Transport Canada dengan subgrade 'C' adalah = 107
- c. Nilai ACN versi Aircraft Manufacturer dengan subgrade 'C' adalah = 105
- d. Nilai ACN versi COMFAA dengan subgrade 'C' adalah = 106.3

ACN pesawat tersebut sudah pasti melebihi dari PCN Apron T.2, akan tetapi pesawat masih diperbolehkan menggunakan Apron T.2 karena frekuensi pesawat tersebut adalah 164 pergerakan per tahun, (lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun) sesuai batasan dari *FAA Advisory Circular AC 150/5335*.



Tabel 4.4 menunjukkan nilai ACN untuk masing-masing pesawat yang beroperasi di Bandara Juanda pada perkerasan kaku. Pada tabel tersebut nampak bahwa nilai ACN yang diperoleh dari masing-masing metode, yaitu Transport Canada (TC), Aircraft Manufacturer (AM) dan COMFAA adalah berbeda satu dengan lainnya.

Pada tabel 4.4 menyajikan perbandingan nilai ACN dengan PCN dari apron Terminal.1 dan apron Terminal.2. Pada kolom yang menunjukkan kelompok  $< 102.9$  (5%) adalah menunjukkan pesawat dengan nilai ACN  $< 102.9$ . Nilai 102.9 ini adalah nilai gabungan dari nilai PCN asli untuk apron Terminal.1 ditambah 5% kelebihan sebagai nilai toleransi kelebihan ACN untuk perkerasan kaku. Hal yang sama juga terdapat pada apron Terminal.2.

Karakteristik operasional untuk masing-masing jenis pesawat yang beroperasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Jumlah pergerakan pesawat  
(Sumber : Simtapor AP.1,2013)

No	Jenis pesawat	Pergerakan ( per th )	No	Jenis pesawat	Pergerakan ( per th )
1	A124	5	13	B734	10,828
2	A306	33	14	B735	5,632
3	A310	10	15	B737	2,431
4	A319	739	16	B738	11,750
5	A320	24,106	17	B739	38,095
6	A322	3,078	18	B744	257
7	A330	98	19	B772	164
8	A332	228	20	B773	45
9	A333	1,355	21	C-130	230
10	ATR72	14,191	22	CRJ900	5,981
11	B732	4,765	23	MD83	1,193
12	B733	4,834			

Dari tabel diatas diketahui bahwa pesawat dengan *Gross Weight* terbesar yaitu B744 hanya memiliki pergerakan 45 pesawat per tahun. Sedangkan pesawat yang memiliki pergerakan paling sering adalah B739 yaitu 38095 pesawat per tahun atau 104 pesawat per hari.

Tugas akhir ini mengevaluasi kekuatan perkerasan sisi udara Bandar Udara Internasional Juanda. Evaluasi ini dilakukan dengan membandingkan nilai ACN pesawat-pesawat yang beroperasi dan nilai PCN dari perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron*.

Untuk apron T.1 , terdapat 2 (dua) pesawat dengan ACN melebihi batas (102.9 R/C/X/T), pertama Boeing 777-200 yang memiliki pergerakan 164/th dengan nilai ACN 107 (metode Transport Canada), 105 (metode Aircraft Manufacturer) dan 106.3 (metode COMFAA), kedua Boeing 777-300 yang memiliki pergerakan 45/th dengan nilai ACN 107 (metode Transport Canada), 105 (metode Aircraft Manufacturer) dan 109.7 (metode COMFAA).

Sedangkan untuk apron T.2 terdapat 3 (tiga) pesawat dengan ACN melebihi batas (76.65 R/C/X/U), pertama Boeing 747-400 yang memiliki pergerakan 257/th dengan nilai ACN 81.7 (metode COMFAA), kedua Boeing 777-200 yang memiliki pergerakan 164/th dengan nilai ACN 107 (metode Transport Canada) 105 (metode Aircraft Manufacturer) dan 106.3 (metode COMFAA), ketiga Boeing 777-300 yang memiliki pergerakan 45/th dengan nilai ACN 107 (metode Transport Canada) 105 (metode Aircraft Manufacturer) dan 109.7 (metode COMFAA).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Tabel 4.4. Nilai ACN pesawat terhadap PCN Rigid Pavement

No.	Jenis	PCN APRON T.1 = 98 R/C/X/T								PCN APRON T.2 = 73 R/C/X/U								PERGERAKAN (per tahun)	
		≤ 102.9 (5%)			> 102.9 (5%)					≤ 76.65 (5%)			> 76.65 (5%)						
		TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA						
1	A124	73	74	71.1						73	74	71.1							
2	A306	71	70	70.3						71	70	70.3							
3	A310	66	46	53.1						66	46	53.1							
4	A319	48	44	42.9						48	44	42.9							
5	A320	48	50	48.4						48	50	48.4							
6	A322	51	51	51.7						51	51	51.7							
7	A330	66	66	72.6						66	66	72.6							
8	A332	73	74	73.8						73	74	73.8							
9	A333	74	75	75.3						74	75	75.3							
10	ATR72	14	14	12.8						14	14	12.8							
11	B732	39	38	37.8						39	38	37.8							
12	B733	44	41	42						44	41	42							
13	B734	47	46	46.6						47	46	46.6							
14	B735	42	39	40.3						42	39	40.3							
15	B737	48	45	46						48	45	46							
16	B738	55	54	54.1						55	54	54.1							
17	B739	55	56	60.6						55	56	60.6							
18	B744	77	75	81.7							75						81.7	11.92%	257
19	B772				107	9.18%	105	7.14%	106.3	8.47%				107	46.58%	105	43.84%	106.3	45.62%
20	B773				107	9.18%	105	7.14%	109.7	11.94%				107	46.58%	105	43.84%	109.7	50.27%
21	C-130	39	0	34.9						39		34.9							
22	CRJ900	26	26	26.8						26	26	26.8							
23	MD83	48	53.2	53.2						48	53.2	53.2							

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Selanjutnya Tabel 4.5 adalah nilai ACN untuk masing-masing pesawat yang beroperasi di Bandara Juanda untuk perkerasan lentur. Pada tabel tersebut nampak bahwa nilai ACN yang diperoleh dari masing-masing metode, yaitu Transport Canada (TC), Aircraft Manufacturer (AM) dan COMFAA adalah berbeda satu dengan lainnya.

Pada tabel 4.5 menyajikan perbandingan nilai ACN dengan PCN dari *taxiway* Terminal.1, *taxiway* Terminal.2 dan *runway*. Pada kolom yang menunjukkan kelompok  $< 154.35$  (5%) adalah menunjukkan pesawat dengan nilai ACN  $< 154.35$ . Nilai 154.35 ini adalah nilai gabungan dari nilai PCN asli untuk *taxiway* Terminal.1 ditambah 5% kelebihan sebagai nilai toleransi kelebihan ACN untuk perkerasan lentur. Hal yang sama juga terdapat pada *taxiway* Terminal.2 dan *runway*.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa untuk *taxiway* Terminal.1 tidak terdapat pesawat yang memiliki nilai  $ACN > PCN$

Pada fasilitas landas pacu terdapat 6 (enam) jenis pesawat dengan ACN melebihi batas (98.70 F/D/X/T), yang pertama yaitu Antonov A124 dengan pergerakan 5 pesawat/th memiliki nilai ACN 107 (metode Transport Canada) dan 100 (metode Aircraft Manufacturer), yang kedua Airbus 330-200 dengan pergerakan 228/th memiliki nilai ACN 106 (metode Transport Canada), 108 (metode Aircraft Manufacturer) dan 100 (metode COMFAA). Yang ketiga Airbus 330-300 dengan pergerakan 1355/th memiliki nilai ACN 107 (metode Transport Canada) dan 109 (metode Aircraft Manufacturer). Yang keempat Boeing 747-400 dengan pergerakan 257/th memiliki nilai ACN 105 (metode Transport Canada) dan 101 (metode Aircraft Manufacturer). Yang kelima Boeing 777-200 dengan pergerakan 164/th memiliki nilai ACN 118 (metode Transport Canada), 117 (metode Aircraft Manufacturer) dan 117 (metode COMFAA). Yang keenam Boeing 777-300 dengan pergerakan 45/th memiliki nilai ACN 118 (metode Transport Canada), 117 (metode Aircraft Manufacturer) dan 120 (metode COMFAA).

Pada fasilitas landas hubung T.2 terdapat 6 (enam) jenis pesawat dengan ACN melebihi batas (76.65 F/D/X/T) yang pertama yaitu Antonov A124 dengan pergerakan 5 pesawat/th memiliki nilai ACN 77 (metode Transport Canada), yang kedua Airbus 330-200 dengan pergerakan 228/th memiliki nilai ACN 78 (metode Transport Canada) dan 80 (metode Aircraft Manufacturer). Yang ketiga Airbus 330-300 dengan pergerakan 1355/th memiliki nilai ACN 79 (metode Transport Canada), 81 (metode Aircraft Manufacturer). Yang keempat Boeing 747-400 dengan pergerakan 257/th memiliki nilai ACN 82 (metode Transport Canada) dan 79 (metode Aircraft Manufacturer). Yang kelima Boeing 777-200 dengan pergerakan 164/th memiliki nilai ACN 87 (metode Transport Canada), 87 (metode Aircraft Manufacturer) dan 87 (metode COMFAA). Yang keenam Boeing 777-300 dengan pergerakan 45/th memiliki nilai ACN 87 (metode Transport Canada), 86 (metode Aircraft Manufacturer) dan 89 (metode COMFAA).

## PERKERASAN LENTUR ( FLEXIBLE PAVEMENT)

Tabel 4.5. Nilai ACN pesawat terhadap PCN Flexible Pavement

No	Jenis	Keterangan	PCN Taxiway T.1 = 147 F/B/X/T						PCN Taxiway T.2 = 73 F/C/X/U						PCN RW = 94 F/D/X/T									PERGE RAKAN ( / th )					
			≤ 154.35 (5%)			> 154.35 (5%)			≤ 76.65 (5%)			> 76.65 (5%)			≤ 98.70 (5%)			> 98.70 (5%)											
			TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA	TC	AM	COMFAA						
1	A124	Antonov	60	58	46.2							77	5.48%							82.6	107	13.83%	100	6.38%			5		
2	A306	Airbus	61	60	55.1							74	74	67.4						92	92	84.9							
3	A310	Airbus	50	46	41.1							61	55	49.5						77	72	64.8							
4	A319	Airbus	36	40	35.4							40	44	38.9						46	50	44.6							
5	A320	Airbus	39	36	40							44	40	44.4						50	46	50.2							
6	A322	Airbus	42	42	42.9							47	47	47.3						53	53	53.1							
7	A330	Airbus	62	62	61.9							72	72	71.6						98	97	96.8							
8	A332	Airbus	67	68	63.7							78		74	78	6.85%	80	9.59%					106	12.77%	108	14.89%	100	6.49%	22
9	A333	Airbus	68	69	62.7									72.6	79	8.22%	81	10.96%				98.2	107	13.83%	109	15.96%		1355	
10	ATR72	Aerospatiale	12	12	10.7							14	14	12						15	15	14.2							
11	B732	Boeing	32	31	31.1							37	34	35.2						41	39	39.3							
12	B733	Boeing	37	33	34.8							41	37	38.8						45	41	42.8							
13	B734	Boeing	40	39	39.3							45	44	44						49	48	47.9							
14	B735	Boeing	35	33	33.3							39	37	37.4						43	41	41.4							
15	B737	Boeing	40	38	42.1							44	42	38.1						49	47	36.3							
16	B738	Boeing	46	45	45.3							51	50	50.3						56	55	55.2							
17	B739	Boeing	46	47	50.8							51	52	56						56	57	60.8							
18	B744	Boeing	66	64	59.3									72.6	82	12.33%	79	8.22%				94.2	105	11.70%	101	7.45%		257	
19	B772	Boeing	70	69	69.3										87	19.18%	87	19.18%	87	19.18%			118	25.53%	117	24.47%	117	24.68%	164
20	B773	Boeing	70	69	71.3										87	19.18%	86	17.81%	89	22.33%			118	25.53%	117	24.47%	120	27.98%	45
21	C-130	Lockheed	34	0	30.2							37	0	32.3						43	0	37.6							
22	CRJ900	Bombardier	21	21	22.8							24	24	25.6						27	27	27.7							
23	MD83	Mc Donnell Douglass	45	46.1	45.9							50	50.1	50						53	53.6	53.1							

Keterangan :

- Jumlah pergerakan pesawat yang melebihi PCN masih dibawah 10.000 pergerakan / th sehingga masih dapat beroperasi di bandara.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

### 4.3. Perhitungan Contact Stress

Perhitungan *contact stress* adalah perhitungan luasan jejak roda pesawat di atas permukaan perkerasan *runway*, *taxiway* dan *apron*. Kelebihan nilai ACN pada beberapa pesawat pada analisis sebelumnya perlu dievaluasi besarnya *contact stress* yang digambarkan dari besarnya tekanan ban roda pesawat. Semakin besar tekanan ban, maka semakin kecil luasan kontakannya. Kecilnya luasan kontak antara roda pesawat dengan permukaan perkerasan mengakibatkan tekanan besar pada luasan kecil yang terjadi pada permukaan perkerasan perkerasana. Hal ini mengakibatkan kerusakan pada permukaan perkerasan.

Pada evaluasi perbandingan sebelumnya adalah membandingkan nilai angka ACN dengan nilai angka PCN perkerasan sisi udara di Bandara Juanda. Pada bagian ini akan dibandingkan nilai tekanan roda pesawat yang memiliki nilai  $ACN > PCN$ , dengan tekanan roda yang sesuai dengan persyaratan pada nilai PCN perkerasan sisi udara yaitu yang diwakili oleh kode huruf ketiga pada rangkaian kode nilai PCN (W,X,Y dan Z) dimana :

$$W > 218 \text{ Psi}$$

$$X = 146 - 218 \text{ Psi}$$

$$Y = 74 - 145 \text{ Psi}$$

$$Z = 0 - 73 \text{ Psi}$$

Pesawat dengan  $ACN > PCN$  mempunyai tekanan roda yang lebih tinggi dari yang diijinkan. Sebagai contoh PCN Apron T2 = 73 R/C/X/U membatasi tekanan roda pesawat pada kode X yaitu 146-218 Psi, sedangkan pesawat Boeing 777-300ER berdasarkan catatan operator ground handling PT.JAS Engineering, Boeing 777-300ER memiliki tekanan roda 220 Psi dimana nilai ini lebih besar 0.92% dari yang diijinkan. Sehingga perhitungan *Contact Stress* terhadap roda pendaratan Boeing 777-300ER adalah seperti berikut:

$$\text{Tekanan 1 roda} = 220 \text{ Psi} = 6.89 \times 220 = 1515.8 \text{ kPa}$$

MTOW=766.000 Lbs

Jumlah roda pada landing gear = 12

Beban pesawat pada landing gear = 94%

Beban 1 roda= $(0.00445 \times 766000 \times 0.94) / 12 = 267.01 \text{ kN}$

Contact Stress =  $573.562 + (0.714 \times 1515.8) + (9.504 \times 267.01)$

Contact Stress = 4193.55kPa

Hasil perhitungan untuk seluruh seluruh pesawat yang nilai ACN > PCN disajikan pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6. Nilai Contact Stress pesawat yang melebihi PCN

No	Jenis	PERGE RAKAN ( / th )	Tire Pressure			Max Pressure 15 bar ( 218 psi )	MTOW		Tire Load (kN)	Contact Stress ( kPa)
			(psi)	(kPa)	(bar)		lbs	kg		
1	A124	5	150		10.35					
2	A306									
3	A310									
4	A319									
5	A320									
6	A322									
7	A330									
8	A332	22	215		14.835					
9	A333	1355	215		14.835					
10	ATR72									
11	B732									
12	B733									
13	B734									
14	B735									
15	B737									
16	B738									
17	B739		220	1515.8	15.18	0.92%	187,700	85,130	65.43	2277.68
18	B744	257	220	1515.8	15.18	0.92%	910,000	412,770	317.21	4670.61
19	B772	164	220	1515.8	15.18	0.92%	766,000	347,450	267.01	4193.55
20	B773	45	220	1515.8	15.18	0.92%	775,000	351,530	270.15	4223.37
21	C-130									
22	CRJ900		210		14.49					
23	MD83									

Pada kondisi saat ini landas pacu bandar udara Juanda telah mengalami beberapa jenis kerusakan yaitu *cracking* (keretakan), *rutting* (alur), *patching* (tambalan), *disintegration* (pengelupasan), *depression* (amblas). Pada tabel.4.6 diatas jenis pesawat B744 dengan nilai contact stress terbesar yaitu 4670.61 kPa memberikan kontribusi mempercepat terjadinya kerusakan permukaan landas pacu.

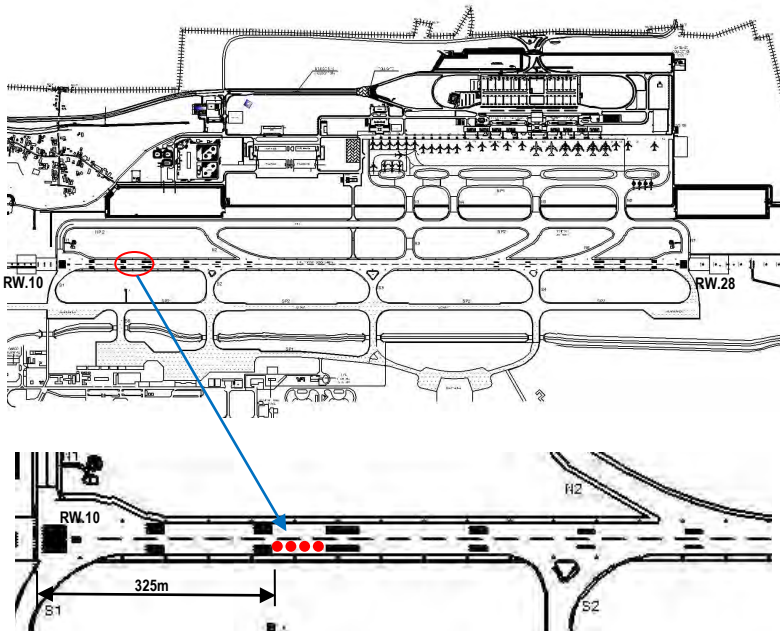
Untuk mengetahui kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan landas pacu diperlukan suatu pengujian, salah satunya yang bisa langsung diujikan di lapangan tanpa peralatan yang rumit adalah uji kekesatan landasan.

#### 4.4. Skid Resistance Metode Sand Patch

Pada landas pacu Bandar Udara Juanda, setelah dilakukan Sand Patch Test dengan volume pasir setiap lokasi =  $100\text{cm}^3$ , hasil perhitungan menunjukkan kondisi permukaan perkerasan adalah licin, karena nilainya  $< 1.5\text{mm}$  seperti pada foto berikut ini. Sehingga operator bandara perlu segera melakukan pembersihan *rubber deposit*.

Rubber deposit yang tertinggal di landas pacu setiap kali satu pesawat mendarat rata-rata 700g (Douglas D. Gransberg, 2008). Maka untuk frekuensi penerbangan di Bandar udara Juanda 400 pergerakan/hari, maka *rubber deposit* yang ditinggalkan sebanyak  $400 \times 700\text{gr} = 280.000\text{gr} = 280 \text{ kg/hari}$

Untuk uji kekesatan (skid resistance) dilakukan dengan metode *sand patch test* yang dilakukan pada 4 titik seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.1. Hasilnya menunjukkan bahwa kondisi landas pacu tergolong licin dengan karakteristik operasional saat ini.

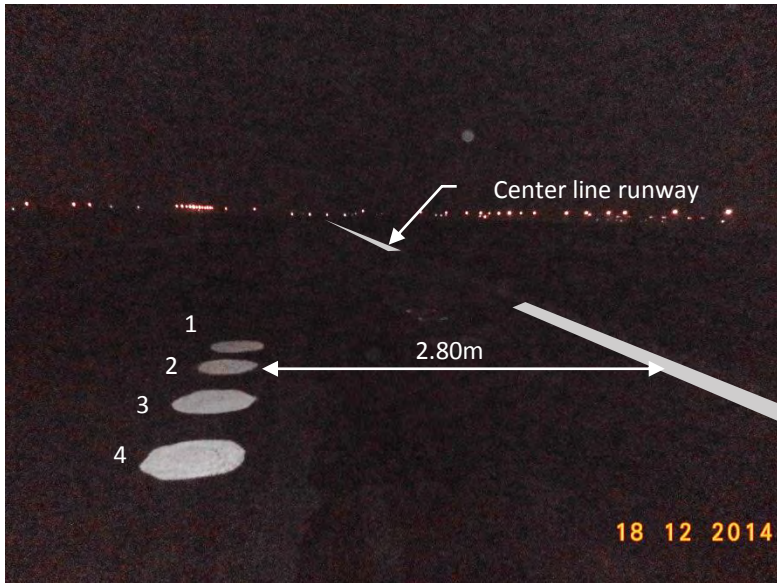


Gambar 4.1. Lokasi sand patch test



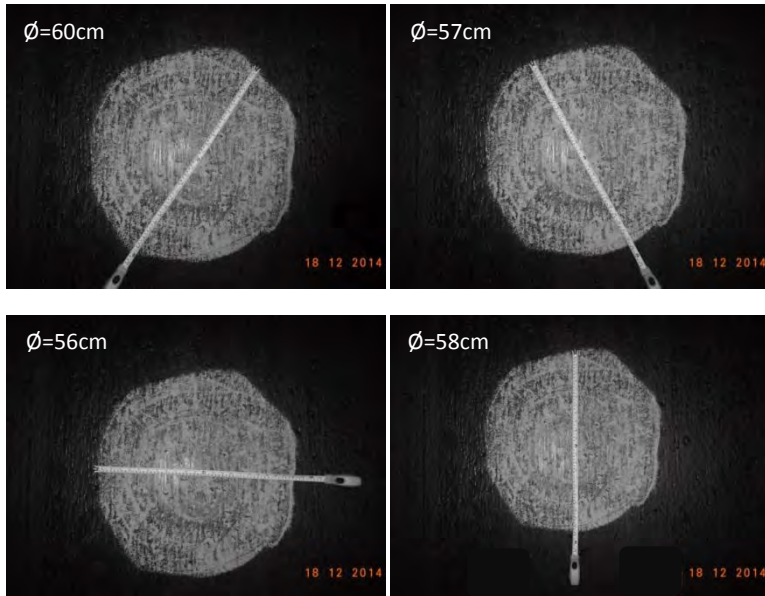
Gambar 4.2. Alat Sand Patch test yang digunakan  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 4.2 menunjukkan tabung kosong yang pada mulanya berisi pasir. Volume pasir sama dengan volume tabung tersebut. Dari tabung, pasir dituangkan dan diratakan membentuk lingkaran. Pada gambar tersebut terdapat 4 (empat) lingkaran pasir yang merupakan hasil perataan dari tabung yang sudah dituang.



Gambar 4.3. Lokasi Sand Patch Test  
(  $\pm 2.8\text{m}$  dari *center line runway* )  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 4.3 menunjukkan lokasi test kekesatan dari garis tengah (*center line*) landasan. Ada 4 (empat) lingkaran kecil yang merupakan bentukan pasir yang dituang seperti dijelaskan pada gambar 4.2



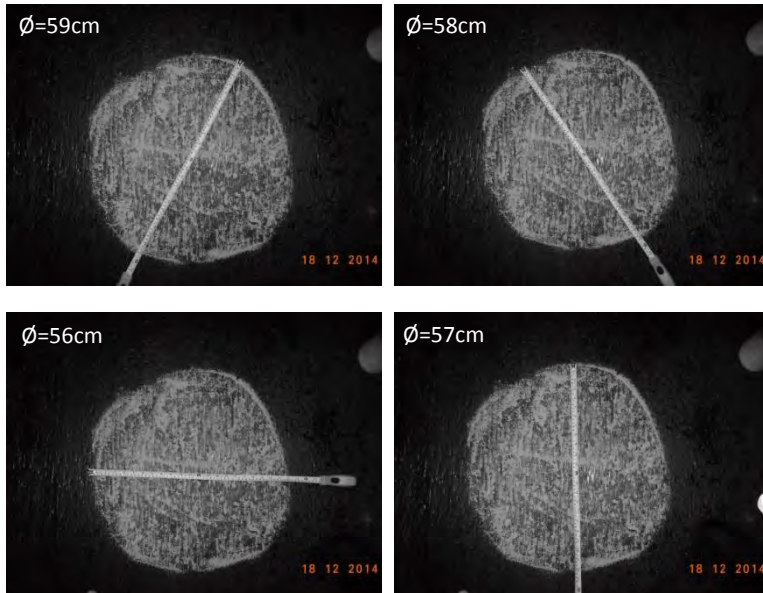
Gambar 4.4. Diameter Sand Patch.1  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gambar 4.4 adalah lingkaran pasir yang menunjukkan 4 (empat) kali pengukuran diameter lingkaran yang dibuat untuk mengukur kekesatan runway. Ditunjukkan dalam gambar bahwa diameter lingkaran tidak selalu sama karena lingkaran terbentuk secara perkiraan. Diameter yang digunakan dalam analisis adalah diameter rata-rata. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

Volume pasir	=	100 cm <sup>3</sup>
$\varnothing_{\text{rata-rata}}$	=	57.75 cm
Luas lingkaran	=	10477.40 cm <sup>2</sup>
Kedalaman	=	0.0095 cm < 1.5mm

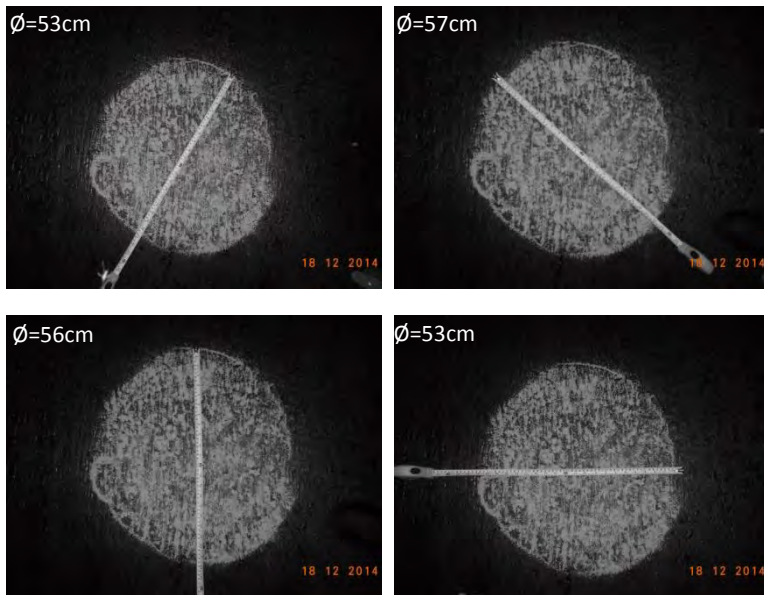


Gambar 4.5 sampai 4.7 berikut menunjukkan proses analisis kekesatan untuk lokasi test 2 sampai 4 seperti ditunjukkan pada gambar 4.3



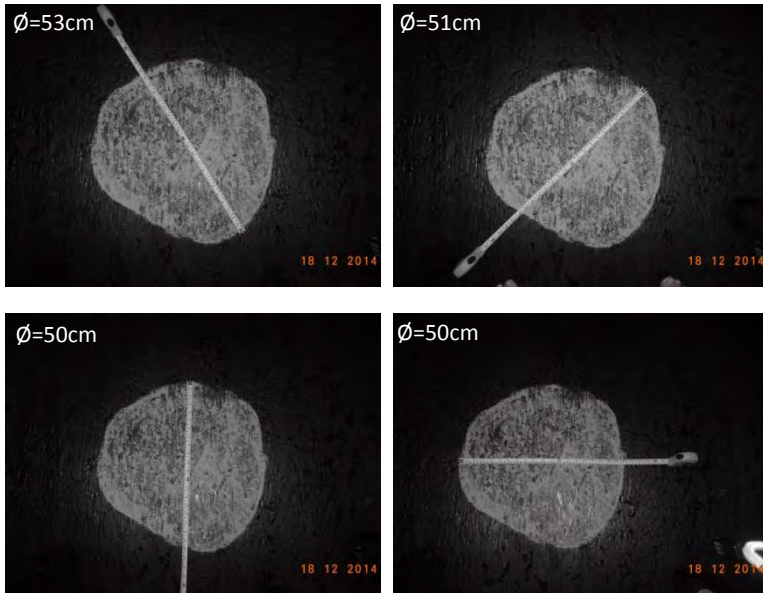
Gambar 4.5. Diameter Sand Patch.2  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Volume pasir	=	100 cm <sup>3</sup>
$\emptyset_{rata-rata}$	=	57.5 cm
Luas lingkaran	=	10386.89 cm <sup>2</sup>
Kedalaman	=	0.0096 cm < 1.5mm



Gambar 4.6. Diameter Sand Patch.3  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Volume pasir	=	100 cm <sup>3</sup>
$\varnothing_{rata-rata}$	=	54.75 cm
Luas lingkaran	=	9417.12 cm <sup>2</sup>
Kedalaman	=	0.0106 cm < 1.5mm



Gambar 4.7. Diameter Sand Patch.4  
(Sumber : Dokumen Pribadi)

Volume pasir	=	100 cm <sup>3</sup>
$\varnothing_{rata-rata}$	=	51.0 cm
Luas lingkaran	=	8171.28 cm <sup>2</sup>
Kedalaman	=	0.01 cm < 1.5mm

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Tugas akhir ini menghasilkan suatu proses evaluasi terhadap kemampuan pelayanan perkerasan sisi udara Bandara Juanda untuk operasional harian. Pada tugas akhir ini ada tiga permasalahan yang harus diselesaikan, yaitu berkaitan dengan karakteristik operasional pesawat, nilai ACN dari pesawat-pesawat tersebut, serta analisis *overload* apabila nilai ACN > PCN.

Pesawat yang beroperasi memiliki karakteristik yang bervariasi. Jenisnya mulai dari yang kecil dengan penggerak propeller (baling-baling) yaitu ATR-72 sampai B-777 dan B-747 seri 400 (B744). Pergerakan pesawat tahunan didominasi oleh B-739 dengan 38,095 pergerakan, dan yang paling sedikit adalah Antonov A124 sebanyak 5 pergerakan per tahun.

Hasil perbandingan ACN pesawat dengan PCN perkerasan fasilitas sisi udara di Bandar Udara Juanda menunjukkan bahwa ada beberapa pesawat memiliki nilai ACN>PCN. Pesawat-pesawat tersebut adalah B744, B772 dan B773 untuk perkerasan kaku dengan kelebihan dari 7% sampai sekitar 50% dari nilai PCN. Untuk perkerasan lentur, kelebihan nilai ACN hanya terjadi pada perkerasan *taxiway* T2 dan *runway*. Pesawat-pesawat tersebut adalah A332, A333, B744, B772 dan B773. Besar kelebihannya adalah bervariasi dari 6% sampai 25%.

Karakteristik pesawat yang memiliki nilai ACN>PCN dari runway, taxiway, apron tidak banyak hanya sekitar lima tipe. Frekuensi pergerakan dari A332, A333, B744, B772 dan B773 adalah 98, 228, 257,164 dan 45 pergerakan per tahun. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa perkerasan sisi udara dan masih mampu dan layak melayani pesawat berbadan lebar A332, A333,

B744, B772 dan B773, mengingat frekuensi pergerakan pesawat masih dibawah 10.000 per tahun. Karena lebih kecil dari 10.000 pergerakan per tahun, maka tidak ada analisis *overload*.

Batasan nilai PCN bukan hanya terbatas pada nilai ACN saja tetapi juga harus memperhatikan tekanan roda yang diijinkan. Tekanan roda mempengaruhi besarnya contact stress. Pada kecepatan tinggi menimbulkan friksi besar antara roda dan permukaan perkerasan. Kondisi ini mengakibatkan timbulnya rubber deposit dan permukaan perkerasan yang semakin halus. Untuk kekesatan permukaan landas pacu, hasil Sand Patch test menunjukkan hasil  $< 1.5\text{mm}$  yang berarti kondisi makrotekstur perkerasan landas pacu dalam keadaan licin.

## 5.2. Saran

Untuk menjamin keselamatan penerbangan, tingkat pelayanan (*level of service*) landas pacu suatu bandar udara harus 100%. Kerusakan pada perkerasan landas pacu bandar udara juanda yang bukan disebabkan oleh jenis pesawat yang beroperasi harus segera dicarikan solusinya berupa studi secara menyeluruh dan komprehensif. Hasil studi tersebut harus merekomendasikan jenis penanggulangan seperti apa sehingga landas pacu Bandar Udara Juanda tidak mengalami kerusakan yang dapat menurunkan tingkat pelayanan terhadap maskapai yang beroperasi.

Pembersihan rubber deposit yang tertinggal di landas pacu Bandar Udara Juanda harus dilakukan sesering mungkin (minimal seminggu sekali) mengingat frekuensi penerbangan di Bandara Udara Juanda adalah 400 pesawat/hari (Simtapor AP.1,2013).

**ARUS PERGERAKAN LALU LINTAS ANGKUTAN UDARA BERDASAR  
TYPE  
TAHUN 2013  
BANDARA : SUB  
PERGERAKAN PESAWAT**

**DOMESTIK**

NO.	TYPE PESAWAT (AIRCRAFT TYPE)	SEMESTER I		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER		NOVEMBER		DESEMBER		TOTAL	
		DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]
1.	2T34C	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
2.	A124	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
3.	A306	11	12	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	16	17
4.	A319	105	103	5	5	8	8	0	0	8	10	0	0	0	0	126	126
5.	A320	3.634	3.636	571	566	783	780	614	617	748	746	796	794	855	855	8.001	7.994
6.	A322	375	380	96	98	25	26	47	45	50	52	32	32	31	30	656	663
7.	A330	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	23
8.	A332	5	5	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	11	11
9.	AS365	84	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84	84
10.	ATR72	3.656	3.653	507	509	600	597	593	594	603	603	565	567	571	573	7.095	7.096
11.	B105	46	47	25	25	26	26	36	35	23	23	16	16	10	10	182	182
12.	B190	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5
13.	B200	6	6	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11
14.	B402	36	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	37
15.	B407	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
16.	B412	475	474	88	88	41	42	48	45	73	73	89	111	79	79	893	912
17.	B412EP	25	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	26
18.	B427	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	5	5
19.	B732	1.114	1.108	301	301	244	245	188	185	185	188	209	207	144	146	2.385	2.380
20.	B733	1.425	1.430	156	156	222	217	228	228	191	192	93	92	92	92	2.407	2.407
21.	B734	3.109	3.110	354	348	434	428	362	368	329	280	379	380	443	444	5.410	5.358
22.	B735	1.424	1.425	174	177	186	185	212	212	257	257	239	242	320	322	2.812	2.820
23.	B737	972	980	56	55	49	49	44	45	22	35	24	25	38	37	1.205	1.226
24.	B738	2.758	2.769	420	423	552	549	422	425	551	650	507	504	527	527	5.737	5.847
25.	B739	8.854	8.856	1.442	1.443	1.762	1.766	1.675	1.671	1.668	1.668	1.597	1.599	1.636	1.633	18.634	18.636
26.	BE30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7
27.	BK117	32	32	0	0	7	7	13	13	9	9	9	9	11	11	81	81
28.	BN2A	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14
29.	BO105	132	132	48	49	12	13	11	10	8	8	0	0	8	6	219	218
30.	C130	72	72	9	9	8	8	10	10	0	0	4	8	10	10	113	117
31.	C172	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
32.	C212	219	216	41	41	27	27	21	23	62	60	6	19	18	12	394	398
33.	CN35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	15	0	0	2	15
34.	CRJ	1.310	1.309	274	274	275	275	275	274	284	220	304	304	301	302	3.023	2.958
35.	E135	0	0	5	5	0	0	0	0	7	7	6	6	8	7	26	25
36.	EC135	34	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	34
37.	EC155	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7
38.	FK28	208	210	71	72	42	43	76	67	0	0	0	0	0	0	397	392
39.	GLF5	0	0	0	0	6	6	0	0	5	5	9	9	0	0	20	20
40.	H900	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5
41.	KA32	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	13
42.	KT1B	34	28	0	0	0	0	0	0	0	0	15	17	0	0	49	45
43.	LAIN-LAIN	393	358	53	55	59	55	60	49	50	49	54	70	48	46	717	682
44.	MA60	79	82	0	0	10	9	24	25	29	28	55	59	40	38	237	241
45.	MD82	274	273	56	56	58	57	51	51	50	50	49	49	60	59	598	595
46.	MI60	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	0	0	0	0	7	7
47.	N22	10	10	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	22
48.	N24	127	128	44	44	7	7	15	15	0	0	0	0	0	0	193	194
49.	NC212	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	11
50.	P180	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
51.	S76	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	0	0	0	0	6	5
52.	SA332	8	8	0	0	0	0	8	8	0	0	0	0	0	0	16	16
53.	SU95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	21	30	30	52	51
54.	T34C	79	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79	52
55.	TB10	254	254	103	101	65	66	37	37	47	47	0	19	0	0	506	524
Total		31.461	31.428	4.916	4.917	5.525	5.506	5.086	5.068	5.272	5.272	5.086	5.179	5.287	5.276	62.633	62.646

**ARUS PERGERAKAN LALU LINTAS ANGKUTAN UDARA BERDASAR  
TYPE  
TAHUN 2013  
BANDARA : SUB  
PERGERAKAN PESAWAT**

**INTERNASIONAL**

NO.	TYPE PESAWAT (AIRCRAFT TYPE)	SEMESTER I		JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER		OKTOBER		NOVEMBER		DESEMBER		TOTAL	
		DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]	DTG [ Arr. ]	BRK [ Dep. ]
1.	A310	0	0	0	0	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	5	5
2.	A319	111	111	19	19	22	22	15	15	30	28	20	19	28	28	245	242
3.	A320	1.727	1.725	335	341	433	438	328	327	340	348	397	397	488	487	4.048	4.063
4.	A322	503	503	117	113	17	18	71	68	108	105	52	51	16	17	884	875
5.	A330	15	14	0	0	0	0	7	6	0	0	0	0	5	5	27	25
6.	A332	50	50	9	9	10	9	7	8	9	9	9	9	9	9	103	103
7.	A333	286	287	42	42	67	71	60	59	79	79	76	75	66	66	676	679
8.	B733	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
9.	B734	0	0	0	0	7	8	5	5	7	6	12	10	0	0	31	29
10.	B738	0	0	0	0	10	10	10	10	13	11	15	17	35	35	83	83
11.	B739	181	181	31	31	40	39	76	77	31	31	30	30	23	24	412	413
12.	B744	0	0	0	0	0	0	44	43	43	43	42	42	0	0	129	128
13.	B772	26	25	12	12	14	14	12	13	6	5	0	0	12	13	82	82
14.	B773	0	0	0	0	15	15	0	0	0	0	0	0	8	7	23	22
15.	LAIN-LAIN	93	92	29	32	20	20	15	17	18	20	25	25	32	29	232	235
Total		2.997	2.993	599	604	655	664	655	653	684	685	678	675	722	720	6.990	6.994

## DAFTAR PUSTAKA

- Angkasa Pura I. 2013. **“Laporan Pergerakan Pesawat s.d Semester II Tahun 2013”**, Surabaya: Angkasa Pura I.
- Airbus, 2014 . **“Aircraft Characteristics, Airport and Maintenance Planning”**
- Antara News** (Jakarta), 2014, 5 April
- ASTM E965, 2006 **“Standard Test Method for Measuring Pavement Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique”**
- Boeing Commercial Airplanes, 2014. **“Airplane Characteristics for Airport Planning”**
- Bombardier Inc, 2005. **“Airport Planning Manual”**
- Canadian Department of Transportation 2011. **“ACN – PCN Method of Reporting”**
- Douglas D. Gransberg, 2008 **Impact of Airport Rubber Removal Techniques on Runways**, Washington D.C. Transportation Research Board
- FAA - US Department of Transportation 2011. **“Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN”**, AC No: 150/5335-B
- KP.29/VI/2014 Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. **“Manual Standar Teknis dan Operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil – Bagian 139”** :



- McDonnell Douglas, 1990 **“Airplane characteristics for Airport Planning”**
- N. Ashford. 2011. **“Airport Engineering”**, United States: John Wiley and Sons. Inc.
- Prof. Dr. R.Z. Leirissa & Kol (Purn) Dr.Saleh A. Djamhari, 2006. **Rajawali Laut, 50 tahun penerbangan Angkatan Laut.** Panitia Penyusun Buku Sejarah Penerbangan AL bekerja sama dengan Red & White Publishing.
- R. Horonjeff. 2010. **“Planning and Design of Airport”** United States: McGraw Hill.
- Transport Canada, 2005. **Aerodromes Standards and Recommended Practices, chapter 2.4. Strength of Pavements**



### **R. Haryo Triharso Seno, Amd**

Penulis dilahirkan di Belitung pada tanggal 4 Januari 1971, merupakan anak ketiga dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Bunga Bangsa (Pasuruan), SDN Kejapanan II (Pasuruan), SMP Negeri 1 (Sidoarjo), SMA Negeri 1 (Sidoarjo). Setelah lulus dari SMA Negeri 1 (Sidoarjo) tahun 1989. Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di Jurusan Diploma III

Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 1990. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Kemudian setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 1994, penulis bekerja di beberapa konsultan antara lain PT.Wiratman & Associates cabang Surabaya dan LAPI-ITB Proyek Pembangunan Bandara Juanda hingga tahun 2006. Kemudian tahun 2006 sd 2012 penulis bekerja di PT.Angkasa Pura.1 Cabang Bandara Selaparang sebagai Teknisi Muda Teknik Umum. Selanjutnya di awal tahun 2012 ketika penulis ditempatkan di PT.Angkasa Pura.1 Cabang Bandara Juanda sebagai Civil Airside Technician, penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan diterima di Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112 105 004.